

栃木県農業総合研究センター  
研究成果集

第 44 号

令和 8 年 3 月

栃木県農業総合研究センター

## I 生産現場で活用される技術等 【普及情報】

ページ

1	飼料用米の多収品種「夢あおば」の低コスト多収技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	水稲研究室	1
2	ウォーターカーテン保温によるニラ高品質安定生産技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	野菜研究室	3
3	トマトの夏季安定生産技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	野菜研究室	5
4	加工・業務用たまねぎの安定生産技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	野菜研究室	7
5	えだまめの多収栽培技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	野菜研究室	9
6	加工・業務用ブロッコリーの安定生産技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	野菜研究室	11
7	ぶどう「BKシードレス」の省力的な果房管理技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	果樹研究室	13
8	低温条件下におけるなしの受粉対策技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	果樹研究室	15
9	水田メタンの中干しによる抑制効果	・ ・ ・ ・ ・	土壌環境研究室	17
10	土壌可給態窒素による水稲の窒素施肥診断指標	・ ・ ・ ・ ・	土壌環境研究室	19
11	マルチ被服時期と裾上げの有無が「とちあいか」の収量・品質に及ぼす影響	・ ・ ・	いちご研究所開発研究室	21
12	定植時期及びかん水量が先つまり果の発生に与える影響	・ ・ ・	いちご研究所開発研究室	23
13	芽数管理がいちご「とちあいか」の収量、収益性、作業性に及ぼす影響	・ ・ ・	いちご研究所開発研究室	25

## II 研究の場で活用される新手法等 【研究情報】

ページ

1	転換田露地野菜への窒素供給予測システム	・ ・ ・ ・ ・	土壌環境研究室	27
2	転換田の土壌窒素無機化予測	・ ・ ・ ・ ・	土壌環境研究室	29
3	転換田の土壌水分および水分移動予測	・ ・ ・ ・ ・	土壌環境研究室	31
4	転換田の地温の垂直分布予測	・ ・ ・ ・ ・	土壌環境研究室	33
5	転換田の土層内硝酸の垂直分布予測	・ ・ ・ ・ ・	土壌環境研究室	35

## I 生産現場で活用される技術等 【普及情報】

## I 生産現場で活用される技術等 【普及情報】

ページ

1	飼料用米の多収品種「夢あおば」の低コスト多収技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	水稻研究室	1
2	ウォーターカーテン保温によるニラ高品質安定生産技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	野菜研究室	3
3	トマトの夏季安定生産技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	野菜研究室	5
4	加工・業務用たまねぎの安定生産技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	野菜研究室	7
5	えだまめの多収栽培技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	野菜研究室	9
6	加工・業務用ブロッコリーの安定生産技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	野菜研究室	11
7	ぶどう「BKシードレス」の省力的な果房管理技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	果樹研究室	13
8	低温条件下におけるなしの受粉対策技術の確立	・ ・ ・ ・ ・	果樹研究室	15
9	水田メタンの中干しによる抑制効果	・ ・ ・ ・ ・	土壌環境研究室	17
10	土壌可給態窒素による水稻の窒素施肥診断指標	・ ・ ・ ・ ・	土壌環境研究室	19
11	マルチ被服時期と裾上げの有無が「とちあいか」の収量・品質に及ぼす影響	・ ・ ・	いちご研究所開発研究室	21
12	定植時期及びかん水量が先つまり果の発生に与える影響	・ ・ ・	いちご研究所開発研究室	23
13	芽数管理がいちご「とちあいか」の収量、収益性、作業性に及ぼす影響	・ ・ ・	いちご研究所開発研究室	25

# 飼料用米の多収品種「夢あおば」の低コスト多収技術の確立

## 1. 成果の要約

「夢あおば」は、5月下旬移植では基肥 1.2kg/a、6月中旬移植では基肥 0.9kg/a+追肥 0.5kg/a（出穂前 20 日）を施用することで多収化が可能であり、また、高密度播種や疎植でも玄米重に影響はみられず、収穫時期を遅らせ自然乾燥することなどでも低コスト化が可能となった。

## 2. キーワード

夢あおば、肥培管理、高密度播種、疎植、脱粒

## 3. 試験のねらい

主食用米の需要量が長期的に減少傾向にある中、露地野菜などの高収益作物や大豆などの畑作への転換が困難な水田を活用するため、飼料用米や米粉用米などの作付けが推進されており、栃木県では、令和 6 年産の飼料用米の作付面積が全国一となっている。一方、飼料用米に対する支援水準の見直しにより、一般品種（主食用品種）を作付けした場合の支援単価は、令和 6 年度から段階的に引き下げられることとなっている。このため、より高収量が期待できる多収品種への品種転換が求められている。本県では収量性に優れた飼料用米専用の多収品種「夢あおば」の導入を推進している。

本試験では、「夢あおば」の最適な肥培管理技術の確立や栽培の低コスト化に加え、立毛乾燥適性および脱粒性について検討を行った。

## 4. 試験方法

- (1) 肥培管理については、2023年に基肥0.6kg/a+追肥0.5kg/a、基肥0.9kg+追肥0.5kg/a、基肥1.2kg/a、基肥1.4kg/aの4区を設定し、2024年に、基肥0.9kg/a、1.2kg/a、追肥0.5kg/a、無追肥を組み合わせ、生育および収量を調査した。追肥は、出穂20日前を目安に施用し、速効性肥料と肥効調節型肥料リニア型40日タイプを1:1で配合した資材を用いた。
- (2) 低コスト栽培法については、播種量 300g/箱、200g/箱、130g/箱、および栽植密度 11.1 株/m<sup>2</sup>、15.2 株/m<sup>2</sup>、18.5 株/m<sup>2</sup>とし、生育および収量を調査した。
- (3) 立毛乾燥適性および脱粒性については、基肥 0.9kg/a+追肥 0.5kg/a 区から抽出した株のうち、最長稈 20 穂の籾を握り、脱粒した籾数を計測することで脱粒性を評価した。

## 5. 試験結果および考察

### (1) 肥培管理

精玄米重について、5月下旬移植及び6月中旬移植ともに基肥0.9kg/a+追肥0.5kg/a、基肥1.2kg/a、基肥1.2kg/a+0.5kg/aの間に有意差は見られなかった。この結果から、最適な施肥量は5月下旬移植では基肥1.2kg/a、6月中旬移植では基肥0.9kg/a+0.5kg/aであると考えられた（図-1）。

### (2) 低コスト栽培

栽植密度については、疎植になると穂数が減少する傾向にあるものの、一穂籾数が増加するため、結果として総籾数に差は見られなかった。登熟歩合および玄米千粒重についても栽植密度による大きな差はなく、栽植密度による精玄米重の差は見られなかった（図-2）。

高密度播種では、苗の乾物重が軽く、充実度が劣り、老化が進行する傾向が見られたが、精玄米重には播種量の違いによる差は見られなかった（図-3）。

### (3) 立毛乾燥適正及び脱粒性

籾水分は、成熟後10日程度で15%台まで低下し、乾燥が進んだ。収穫時期を遅らせることで乾燥にかかるコストを削減できることが可能と考えられる（図-4）。ただし、「夢あおば」は「月の光」と比較して脱粒性が高く、収穫遅れにより脱粒が増加する傾向にある。このため、食用品種への転換を行う際には、漏生稲の発生や異品種の混入の原因となる可能性があることに留意する必要がある（図-5）。

（担当者 研究開発部 水稻研究室 高齋光延\*）\*現経営技術課

飼料用米の多収品種「夢あおば」の低コスト多収技術の確立

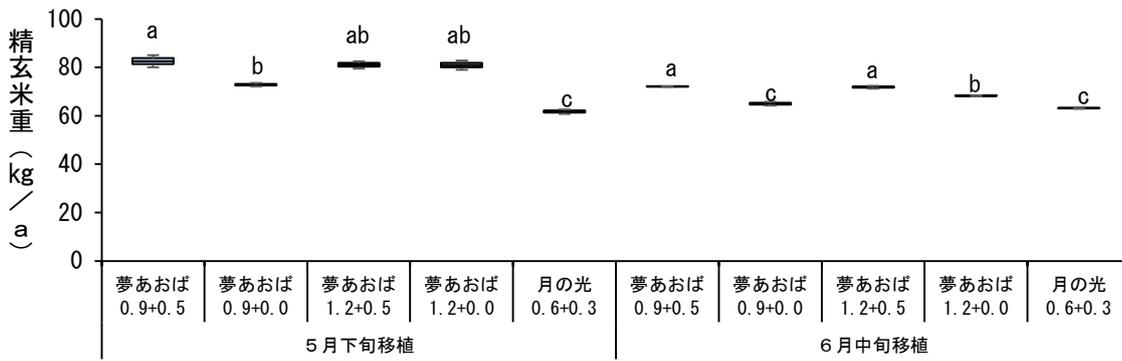


図-1 肥培管理による精玄米重の差 (2024年)

注1) 移植時期 5月下旬移植は5月22日、6月中旬移植は6月13日。

注2) Tukey法により、異なるアルファベット間に有意差あり (p<0.05)。移植時期ごとの比較。

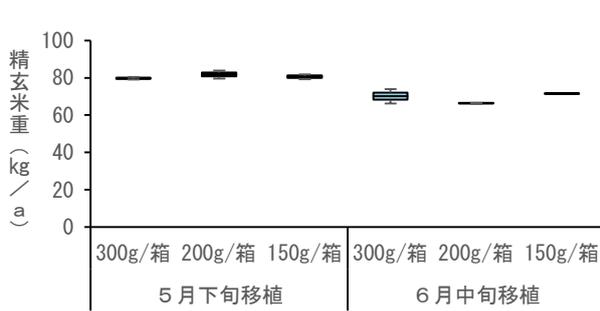


図-2 播種量による精玄米重の差 (2024年)

注) 施肥量は基肥0.9kg/a、追肥0.5kg/a (出穂前20日)。

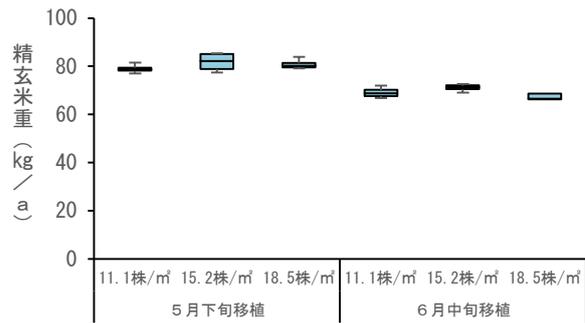


図-3 栽植密度による精玄米重の差 (2024年)

注) 栽植密度の播種量は150g/箱

表-1 播種量が苗質に及ぼす影響 (2024年)

移植時	播種量	草丈	葉齢	葉色	乾物重	充実度	老化程度	マット強度
	g/箱	cm			g/100本	mg/cm/本		N
5月下	300	15.7 n.s.	2.16 b	24.6 b	1.10 b	0.7 c	2.13 a(A)	70.9 a(A)
	200	14.9 n.s.	2.32 ab(B)	24.9 b	1.21 ab(B)	0.81 b	2.17 a(A)	43.5 a
	150	14.5 n.s.	2.59 a(A)	28.0 a	1.36 a(A)	0.94 a	1.25 a(B)	37.7 a(B)
6月下	300	14.1 a(B)	2.48 n.s.	24.4 a(B)	1.10 b	0.78 n.s.	2.37 a	63.6 n.s.
	200	15.7 a(A)	2.45 n.s.	22.7 a(A)	1.21 ab(B)	0.77 n.s.	1.88 b	62.6 n.s.
	150	15.2 a	2.72 n.s.	23.9 a	1.36 a(A)	0.89 n.s.	1.40 c	66.1 n.s.

注1) 充実度は、乾物重÷草丈÷100で求め、1本あたり重量 (mg)

注2) 老化程度は第1葉の黄化、枯死程度から5段階で評価した (1:健全、2:葉身の1~50%が黄化、3:葉身の51~100%が黄化、4:葉身の1~50%が枯死、5:51~100%が枯死)。

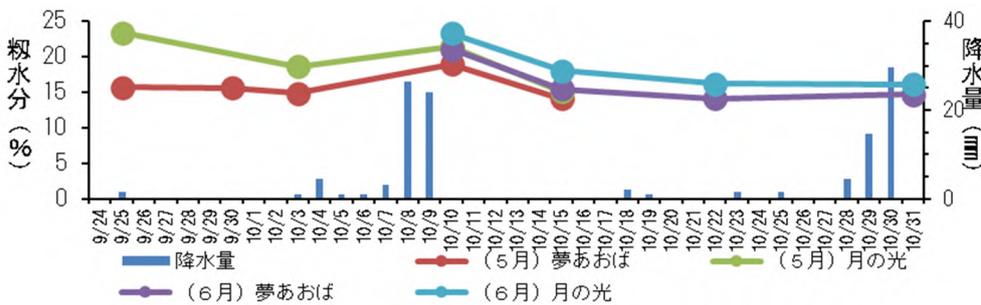


図-4 成熟期後籾水分の推移と降水

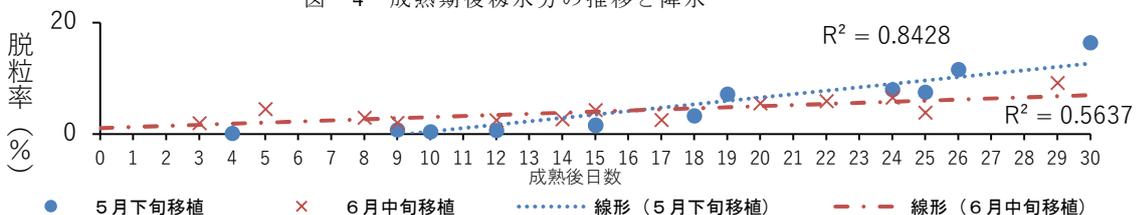


図-5 移植時期別による「夢あおば」脱粒率の推移 (2023年、2024年)

# ウォーターカーテン保温によるニラ高品質安定生産技術の確立

## 1. 成果の要約

ニラを低温に遭遇させずに捨て刈り・保温して抽だい開始を遅延させる「早期保温」と、ウォーターカーテン（WC）保温を組み合わせることで、ニラの高品質かつ安定生産が可能であった。

## 2. キーワード

ウォーターカーテン、低温管理、早期保温、抽だい時期

## 3. 試験のねらい

本県を代表する施設園芸品目であるニラの生産性向上を目指し、低温遭遇を回避し捨て刈り・保温を行って抽だい開始を遅延させる「早期保温」と、ウォーターカーテン（WC）保温を組み合わせた高品質かつ安定したニラ生産技術の確立を図る。

## 4. 試験方法

高品質なニラを連続収穫する栽培方法の確立に向け、夜間のWC保温と日中の低温管理、早期保温を組み合わせた栽培の実証を行った（2023～2024年）。

実証区および慣行区共に、2023年6月7日にパイプハウスへ定植した。

実証区は10月20日に捨て刈りし、昼温は自動換気25℃設定、夜温はWCにより8℃の確保を目標に管理した。慣行区は十分に低温遭遇させた後、12月25日に捨て刈りし、昼温は自動換気30℃設定で管理するとともに、夜間は小トンネルで保温した。

## 5. 試験結果および考察

- (1) 実証区のハウス内温度は概ね5℃から30℃の間で推移し、日平均気温も安定していた。一方で慣行区では、夜温は5℃を下回り、日中の最高温度は30℃を上回るなど日較差が大きく、日平均温度の差も大きかった（データ略）。
- (2) 収穫は、実証区では2023年11月14日から開始し、2024年8月7日までに9回、慣行区では2024年2月2日から6月26日までに7回行った。抽だい終了後、実証区では11月5日から、慣行区では10月11日から収穫を再開し、実証区は2025年3月21日までに合計13回、慣行区は3月19日までに合計12回行った（表-1）。
- (3) 可販収量は慣行区が多かったが、粗収益は実証区が上回った（図-1、2）。これは、早期捨て刈りを行うことにより収穫開始が早まったことに加え、抽だい遅延により、高単価の年内および夏秋期に収穫できたためと考えられた。また、WCによる夜温確保と、日中の高温管理を行わなかったことで、収穫後半まで葉幅が維持され（図3）、上位等級品（AL品）の収量が増加したことが要因となった（図-4、5）。
- (4) 経営収支では、慣行区では生育後半に秀品率が低下し、出荷調整作業が煩雑化した結果、作業時間および人件費が増加した（表-2）。

（担当者 研究開発部 野菜研究室 鈴木惟史、植木純子\*、駒場謙一\*\*、大谷寿一\*\*）

\*現下都賀農業振興事務所、\*\*元職員

表-1 捨て刈りおよび収穫日

区	捨て刈り	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目
実証区	10/20	11/14	12/25	2/22	3/26	4/23	5/13	6/10
慣行区	12/25	2/2	3/1	3/26	4/16	5/9	6/3	6/26 <sup>1)</sup>

区	8回目	9回目	10回目	11回目	12回目	13回目
実証区	7/5	8/7 <sup>2)</sup>	11/5	12/24	2/13	3/21
慣行区	10/11	11/15	12/20	2/6	3/19	—

1) 慣行区は6月26日の収穫後、株養成中に抽だいが発生。抽だい終了後の9月9日に再度捨て刈りを実施  
 2) 実証区は8月7日の収穫後に抽だいが発生。抽だい終了後の9月17日に再度捨て刈りを実施

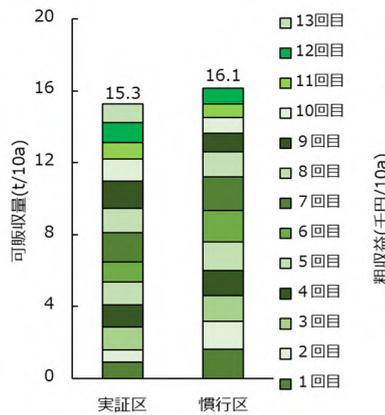


図-1 収穫ごとの可販収量  
 注 ハカマ等を除いた、調製後の重量

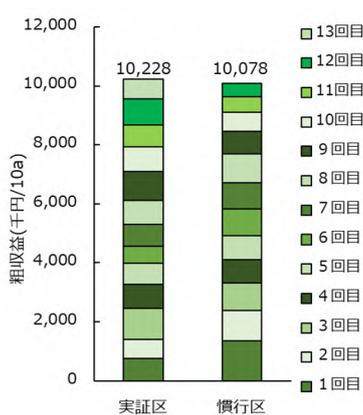


図-2 収穫ごとの粗収益  
 注 規格別発生率と規格別単価(R3~R5 三か年平均)を乗算して算出

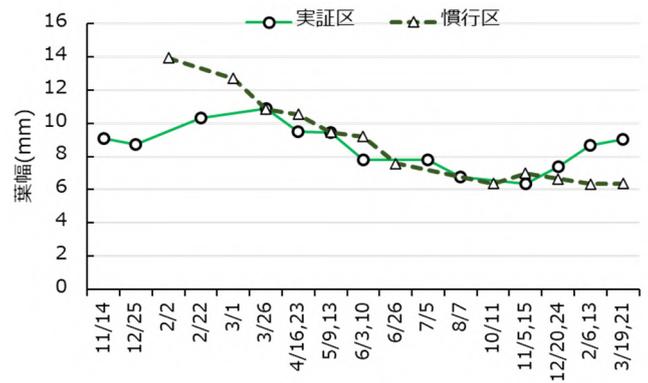


図-3 葉幅の推移

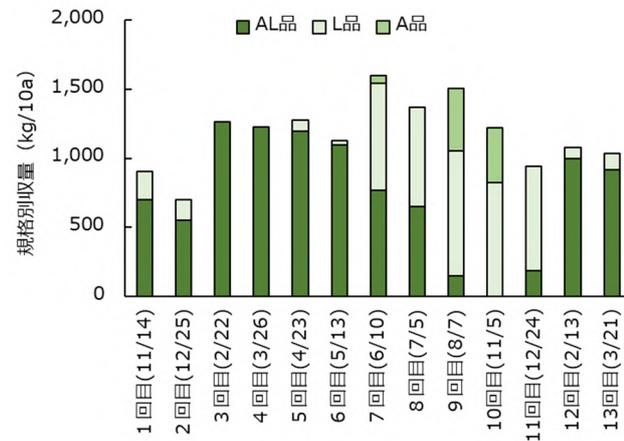


図-4 実証区の規格別収量  
 注 AL: 葉幅8mm以上、L: 葉幅6~8mm、A: 葉幅4~6mm。図-5も同様

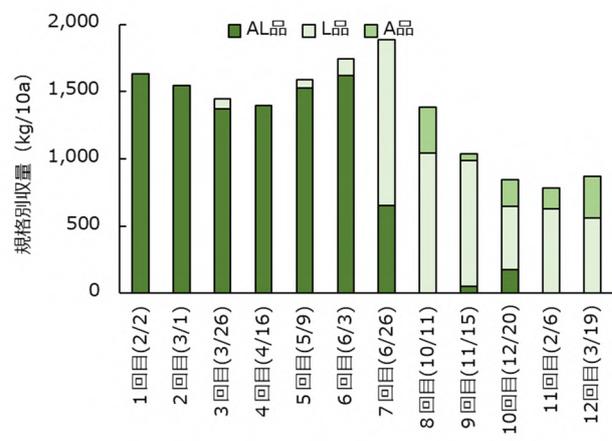


図-5 慣行区の規格別収量

表-2 経営収支

区	粗収益 (千円/10a)	出荷・調製 (時間/10a)	保温管理 (時間/10a)	作業時間計 (時間/10a)	人件費 <sup>1)</sup> (千円/10a)	WC償却 <sup>2)</sup> (千円/10a)	収益 <sup>3)</sup> (千円/10a)
実証区	10,228	1,660	29.8	1,690	1,781	44.4	8,403
慣行区	10,078	1,793	157.7	1,950	2,056	—	8,022

1) 人件費は、栃木県最低賃金1,054円/時間(R7.4.1現在)により算出  
 2) WC償却は、311千円/10a、耐用年数7年として算出  
 3) 経費は、出荷・調製と保温管理に係る人件費及びWCの償却のみ考慮

# トマトの夏季安定生産技術の確立

## 1. 成果の要約

高軒高で複合環境制御が可能な次世代型養液栽培施設を用いた夏越しトマト栽培においては、栽植密度を 3.33 株/㎡とし、6 月下旬に定植、日平均温度 25°C に管理し、LED による樹間補光を行うことで、慣行栽培体系に比べ可販収量が約 1.5 倍に増加し、10a あたりの所得は 82 万円向上した。

## 2. キーワード

夏越しトマト、日平均温度管理、LED 樹間補光、栽植密度、定植時期

## 3. 試験のねらい

夏季の高温、強日射によるストレスを軽減し、安定した生産を可能にするため、環境制御が容易な養液栽培施設を活用し、夏越しトマトの革新的な栽培技術を確立する。

## 4. 試験方法

実証区では、定植時期を 6 月中下旬とし、日平均温度を 25 度に調整した。温度調整は、ヒートポンプを用いて夜温を下げることで行った。栽植密度を 3.33 株/㎡、LED による樹間補光を組み合わせた。

慣行区では、定植時期を 8 月中下旬とし、温度制御は天窗の開閉のみで行った。栽植密度を 2.22 株/㎡、補光なしで行った。両区とも品種は麗妃（台木：ブロック）を用いた。1 区 12 株 2 反復とし、日中の高温期は、照度 75klx 以上になった場合に遮光率 55% で遮光を行った。また、飽差が 12mg/㎡以上の条件で細霧冷房を使用した。

## 5. 試験結果および考察

- (1) 総収量は、実証区で 42.6t/10a、慣行区で 28.9t/10a となり、可販収量は、実証区で 31.9t/10a、慣行区で 21.7t/10a であった。総収量に占める可販果率は、両区ともに約 75% であった。1 果重は、実証区が慣行区よりやや重かった。また、総収量に占める年内収量の割合は、実証区で 32% と高く、慣行区の 15% を大きく上回った。これにより、実証区では単価の高い 9 月から 11 月の収量を慣行区より多く確保できた（表-1、図）。
- (2) 収穫花房数は、実証区で 23.3 段、慣行区で 20.9 段となり、実証区の方が約 2 段多かった。一方、慣行区では花房間長がやや長くなったため、茎長に大きな差は見られなかった（データ省略）。
- (3) 果実品質は、実証区、慣行区ともに健全果が 40% 程度でもっとも多かった。また、実証区における 10 月、11 月の健全化率は、対照区の健全化率にくらべ 19% 高く、9～11 月の可販果の収穫実数は約 3 倍になった。乱形果、空洞果は、それぞれ対照区に比べ実証区では +7%、-5% となった（表-2）。
- (4) 10a 当たりの粗収益は実証区で 1,117 万円、慣行区で 714 万円であった。LED の導入コストとヒートポンプのランニングコストは、それぞれ 121 万円と 27 万円で、合計 148 万となった。所得は慣行区に比べて実証区で 10a あたり約 83 万円高かった。一方、所得率は実証区で 32%、慣行区で 38% となり、慣行区の方が 6% 高かった（表-3、表-4）。
- (5) 以上の結果から、栽植密度を 3.33 株/㎡とし、6 月下旬に定植、日平均温度 25°C に管理し、LED による樹間補光を行うことで、夏季の安定生産が可能となり、10a あたりの所得は約 82 万円向上することを実証できた。

(担当者 研究開発部 野菜研究室 下野叡\*、澁谷舞人\*\*)

\* 現那須農業振興事務所、\*\* 現生産振興課

表-1 処理区ごとの10a当たりの収量および果実数

処理区	総収量(t/10) (比: %)	可販収量(t/10) (比: %)	可販果率 (%)	可販収量に占める 年内収量割合(%)	1果重(g) (比: %)
実証区	42.6 (147)	31.9 (147)	75	32	175 (108)
慣行区	28.9 (100)	21.7 (100)	75	15	162 (100)

※1 栽培期間は定植後から実証区で5月末、慣行区で6月末まで。

※2 総収量、可販収量および1果重の比は、慣行区を100とした。

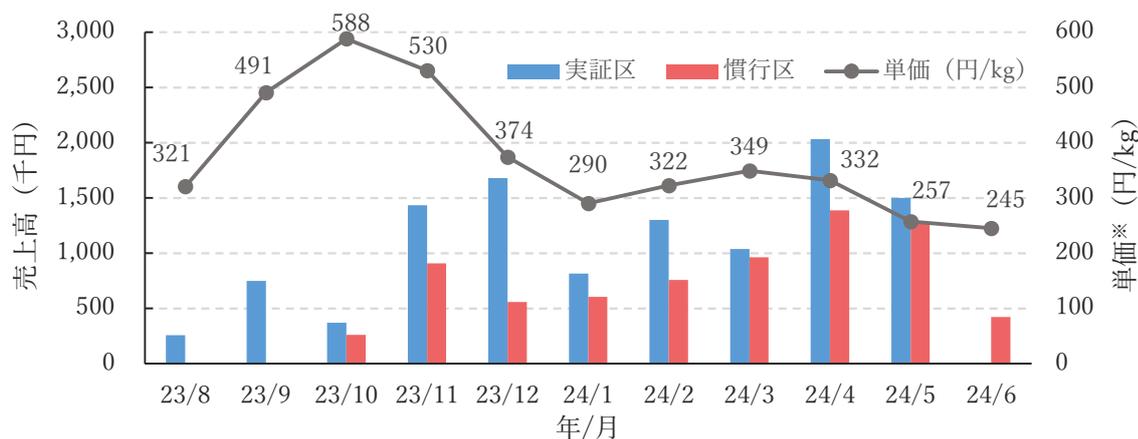


図 トマトの月別売上高と単価の推移 ※R5年度東京中央市場計 2019~2023年までの5年間の平均値

表-2 果実品質

(%)

処理区	可販果率				可販果計	非販果率				非販果計
	健全	空洞	乱形	他 <sup>※1</sup>		裂果裂皮	尻腐れ	くず果	他 <sup>※2</sup>	
実証区	40	6	28	1	75	15	1	1	8	25
慣行区	42	11	21	1	75	11	5	1	8	25

※1 1本以下のチャック果、軽微な傷(裂皮)等を含む。

※2 つや無果、軟化玉、黄変果、可販以外の乱果、花落ち部分の異常等を含む。

表-3 LEDおよびヒートポンプのランニングコスト

	稼働時間 (h)	消費電力 (kW)	単価 (円/kWh)	必要数 (台/10a)	経費 (万円)
LED <sup>※1</sup>	3,936	0.092	15	222	121
ヒートポンプ <sup>※2</sup>	1,068	8.41	15	2	27

※1 LEDの点灯期間は2023年7月8日~2024年5月31日、1日12時間

※2 ヒートポンプの稼働は2023年6月27日~9月25日、1日12時間

表-4 経営収支の試算<sup>※1</sup>

	粗収益(円/10a)	費用(円/10a) <sup>※2</sup>	所得(円/10a)	所得率(%)
実証区	11,169,325	7,621,969	3,547,356	32
慣行区	7,135,742	4,415,962	2,719,780	38
差	4,033,583	3,206,007	827,576	-

※1 栃木県経営診断指標(養液トマト50a)から算出

※2 実証区では種苗費、肥料費、光熱動力費、出荷資材費、支払労賃、賃借料および料金の項目で増額

# 加工・業務用たまねぎの安定生産技術の確立

## 1. 成果の要約

基肥一発肥料を使用した栽培は、品種にかかわらず追肥を行った栽培と同程度の収量を確保できることが明らかとなった。さらに、早生から晩生の品種を用い、露地栽培とマルチ栽培を組み合わせることで、5月上旬の早期から6月中旬まで約1か月半にわたり連続収穫が可能であった。

## 2. キーワード

たまねぎ、収穫期の前進化、加工・業務用、マルチ、基肥一発肥料

## 3. 試験のねらい

県内で栽培されている加工・業務用たまねぎの主要品種は、晩生品種の「もみじ3号」である。しかし、収穫時期が梅雨時期にあたる6月中旬となるため、天候不良により収穫が困難となる事例が見られる。そこで、収穫時期の前進化が可能で、加工・業務用に適した品種を用いるとともに、施肥方法およびマルチ使用有無について検討を行う。

## 4. 試験方法

### (1) 品種に合った追肥時期の検討 (2022年)

近年の温暖化に対応し、春先の生育に適した追肥時期を明らかにするため、2月中旬、下旬、3月上旬の追肥時期および元肥一発施肥について検討した。品種は、早生の「ソニック」、中生の「ターボ」、晩生の「もみじ3号」を用いた。基肥には、CDU入BB-S444号を窒素成分で9kg/10a施用した。1回目の追肥(12月15日)にも同肥料を窒素成分で4kg/10a施用した。2回目の追肥では、燐硝安加里S646を窒素成分で5kg/10aを各試験区の追肥時期に合わせて施用した。また、基肥一発区では、BBたまねぎ464を窒素成分で19kg/10a施用した。

### (2) 早期連続収穫体系の検討 (2022年)

タマネギ収穫の長期化および安定化を図るため、品種「ソニック」、「ターボ」、「もみじ3号」を用い、マルチの有無による収穫時期の違いと貯蔵性について検討した。栽培概要および貯蔵方法は、上記(1)の基肥一発区と同じとし、マルチ資材には黒ポリマルチおよび生分解性マルチを使用した。

## 5. 試験結果および考察

(1) 生育(草丈、生葉数、展開葉数、葉鞘径)および球高球径率については、いずれの品種においても追肥時期による差はなかった(データ省略)。また、可販収量および貯蔵後の可販収量についても、追肥時期による差は見られず、追肥の労力を削減できる基肥一発施肥が有効と考えられた(表-1)。

(2) マルチ栽培を行うことで、収穫期は露地栽培に比べ約10日早まり、収量も増加した。さらに、「ソニック」、「ターボ」、「もみじ3号」を用い、露地栽培とマルチ栽培を組み合わせることで、5月上旬から6月中旬までの約1か月半にわたり連続収穫が可能であった。ただし、マルチ栽培では「ソニック」および「ターボ」において、貯蔵後の腐敗率が高くなる傾向があった(表-2)。

(担当者 研究開発部 野菜研究室 根岸直人\*、小林光雄\*\*、下野叡\*\*\*)

\*現土壌環境研究室 \*\*元職員 \*\*\*現那須農業振興事務所

表-1 品種に合った追肥時期の検討

品 種	追肥時期	倒伏揃期 (月/日)	換算総収量 (t/10a)	換算可販収量 (t/10a)	腐敗率 (%)	貯蔵後可販収量 (t/10a)
ソニック	2月中旬	5/14	4.9	4.9	18	4.0
	2月下旬	5/17	5.5	5.3	22	4.1
	3月上旬	5/14	5.0	4.6	20	3.7
	元肥一発	5/16	5.0	5.0	11	4.5
ターボ	2月中旬	6/5	6.1	5.5	39	3.4
	2月下旬	6/5	4.9	4.9	20	3.9
	3月上旬	5/31	5.8	5.7	20	4.6
	元肥一発	6/2	5.6	5.4	21	4.3
もみじ3号	2月中旬	6/12	6.7	6.5	56	2.9
	2月下旬	6/12	6.3	6.3	53	3.0
	3月上旬	6/12	5.6	5.6	33	3.8
	元肥一発	6/12	5.6	5.6	37	3.5

注1 播種は2022年9月13日に行い、11月4日に畝幅120cm、条間24cm、株間12cmの4条植えとした。

注2 追肥時期は、2月中旬(2月10日)、2月下旬(2月24日)、3月上旬(3月7日)。

注3 収穫は8割倒伏を目安に品種毎に一斉に行った。「ソニック」5月25日、「ターボ」6月5日、「もみじ3号」6月16日。

注4 換算収量は10a当たり22,222本として計算。

注5 貯蔵は、収穫から9月14日まで行い、常温(大型ハウス内遮光)で行った。

表-2 品種・マルチの有無が収穫期、収量および貯蔵性に及ぼす影響

品 種	マルチの有無	倒伏揃期 (月/日)	換算総収量 (t/10a)	換算可販収量 (t/10a)	腐敗率 (%)	貯蔵後 可販収量 (t/10a)
ソニック	あり(ポリ)	5/8	6.7	6.4	61	2.5
	あり(生分解性)	5/8	6.3	6.0	48	3.1
	なし	5/19	4.4	4.4	38	2.7
ターボ	あり(ポリ)	5/25	8.2	8.2	43	4.7
	あり(生分解性)	5/25	8.4	8.4	41	5.0
	なし	6/5	5.3	5.3	20	4.2
もみじ3号	あり(ポリ)	6/2	9.7	9.4	29	6.7
	あり(生分解性)	6/2	8.1	8.1	24	6.2
	なし	6/12	6.4	6.2	36	4.0

注 収穫は8割倒伏を目安に品種毎に一斉に行った。「ソニック」5月19日、「ターボ」6月5日、「もみじ3号」6月16日。

# えだまめの多収栽培技術の確立

## 1. 成果の要約

えだまめの機械播種に適した栽植密度は、1粒播きで、株間20cm、条間60cmが最適であった。また、5月下旬播種の品種としては、発芽率が高く、地上高10cm以上の分枝数や主茎節数が多く、倒伏がしにくく1株当たりの可販収量が高い「湯あがり娘」が機械収穫に適していた。

## 2. キーワード

えだまめ、機械収穫、栽植密度、品種比較、湯あがり娘

## 3. 試験のねらい

えだまめは市場価格が高値で推移しており、冷凍えだまめの国産化の動きに伴い、加工・業務需要が大きく伸びている品目である。さらに、本県では水田転作作物として大豆生産の実績があることから、えだまめ栽培は比較的取り組みやすく、機械化による大規模生産にも適している。そこで、今後のえだまめ栽培拡大に向けて、害虫の発生が少なく収量性の高い栽植密度を明らかにするとともに、機械収穫に適した着莢位置が高く、収量性に優れる品種について検討する。

## 4. 試験方法

### (1) 栽植密度（条間）の検討（2021年度）

栽植密度が、生育、収量、病虫害発生に与える影響について検討した。品種は2020年度に機械収穫に適した品種の検討を行った結果、有望と判断された「湯あがり娘（カネコ種苗）」を供試した。

機械播種では株間がほぼ固定となるため、株間は20cmとし、条間60cm、70cm、80cmの3区を設け、5月11日に1か所1粒ずつ直播した。施肥は基肥として窒素成分で0.6kg/a、追肥は2回に分けて0.2kg/aずつ施用した。追肥と同時に中耕・培土も行った。収穫適期は、約80%の株で莢厚が9.0～9.5mmに達した時とし、7月29日に一斉に収穫を行った。

### (2) 機械収穫に適する品種の検討（2023年度）

5月下旬の播種時期において機械収穫に適した品種の選定を目的に、2020年度に検討した2品種に4品種を追加し「初だるま（カネコ種苗）」「つきみ娘（カネコ種苗）」「夏風香（雪印種苗）」「青祭（雪印種苗）」「とびきり（サカタのタネ）」「湯あがり娘」の6品種を用いて検討を行った。播種は5月26日に、条間60cm、株間20cmで1か所1粒ずつ直播した。施肥、培土、収穫適期の設定は、上記(1)と同様とし、8月4日から順次収穫を行った。

## 5. 試験結果および考察

(1) 条間の違いが生育および病虫害被害に及ぼす影響を検討した結果、発芽日、発芽率、開花期、主茎長、草丈、奇形莢重量、病虫害による被害程度に差はなかった。また、1株当たりの可販率、および可販収量にも差はなかった一方、10a当たり換算収量では、条間60cm区が最も多かった。

（表-1 一部データ省略）。

(2) 発芽率は、「青祭」および「湯あがり娘」が優れていた。一方、「つきみ娘」は他の品種に比べて開花日および収穫日が10日以上遅れ、収穫時の主茎長、草丈ともに高く、風雨による倒伏株率も高かった（表-2）。地上高10cm以上の分枝数は「つきみ娘」および「湯あがり娘」で多く、主茎節数は「つきみ娘」が最も多かった。可販莢重率は「湯あがり娘」が最も高く、株当たりの可販収量は「つきみ娘」「とびきり」「湯あがり娘」が優れていた。

以上の結果から、発芽率、倒伏株率、最下着莢高なども考慮して総合的に判断すると、10a当たりの可販収量が多かった「湯あがり娘」が機械収穫に最も適した品種であった（表-3）。

(担当者 研究開発部 野菜研究室 根岸直人\*、山崎和希\*\*)

\* 現土壌環境研究室 \*\* 現河内農業振興事務所

表-1 栽植密度(条間)の違いが生育・収量・品質に及ぼす影響

条間	発芽日	発芽率 (%)	開花日	可販収量 (g/株)	可販率 (%)	奇形莢 (g/株)	病害莢 (g/株)	虫害莢 (g/株)	換算収量 (kg/10a)
60 cm	5/27	88	6/23	157.8	87	4.4	1.0	2.3	1,153
70 cm	5/27	91	6/23	153.3	89	2.7	0.3	5.3	993
80 cm	5/27	87	6/23	159.2	89	1.1	0.3	10.1	865

注1. 2粒以上莢の重量を可販収量、可販率、換算収量として算出した。

2. 10a当たりの換算収量は、栽植密度を60cm区:8,333株、70cm区:7,142株、80cm区:6,250株とし、可販収量(g/株)×栽植密度(株/10a)×発芽率で算出した。

表-2 機械収穫に適する品種の検討(品種別の生育状況)

品 種	出芽日	出芽率 (%)	開花日	収穫日	主茎長 (cm)	草丈 (cm)	倒伏株率 (%)		
							0~10°	11~30°	31~50°
初だるま	5/31	86	7/3	8/4	40	90	100		
つきみ娘	5/31	90	7/13	8/18	62	127	50	30	20
夏風香	5/31	92	7/3	8/7	31	78	100		
青祭	5/31	98	7/3	8/4	48	89	90	10	
とびきり	5/31	36	7/3	8/7	37	74	100		
湯あがり娘	5/31	99	7/3	8/4	41	85	100		

注1. 主茎長、草丈及び倒伏株率は収穫時に測定した。

表-3 機械収穫に適する品種の検討(品種別の収穫時の生育と収量)

品 種	最 下 着莢高 (cm)	分枝数		主茎節数		可販莢 重率 (%)	可 販 収 量 (g 株)	換算可販 収 量 (kg/10a)
		10cm 未満	10cm 以上	10cm 未満	10cm 以上			
初だるま	9.9	2.8	3.6	2.5	7.6	80	102.8	737
つきみ娘	11.6	2.0	5.4	2.3	11.7	80	166.1	1,246
夏風香	8.5	3.8	3.7	4.1	6.2	75	105.7	810
青祭	9.3	2.1	3.9	2.3	8.7	79	118.6	960
とびきり	7.6	3.5	4.2	3.3	7.1	67	156.5	439
湯あがり娘	9.5	2.6	5.5	3.0	7.6	90	162.9	1,344

注1. 可販莢重率、可販莢重は、2粒以上の莢としたが、地上高10cm未満の莢は、機械収穫では収穫できないため非販とした。

2. 10a当たりの換算収量は、2粒以上莢の重量(g/株)×8,333株/10a×発芽率×倒伏株割合(30°未満)で算出した。

# 加工・業務用ブロッコリーの安定生産技術の確立

## 1. 成果の要約

加工・業務用ブロッコリーについて、「あらくさ53号」を用いた場合は、条間70cm、株間30cm（4,761株/10a）の栽植密度で収量性が高かった。播種時期は、7月中旬から下旬が適しており、窒素成分で21kg/10aを施用することで、安定的に生産することができた。

## 2. キーワード

ブロッコリー、加工・業務、栽植密度、播種時期、施肥量

## 3. 試験のねらい

近年、ブロッコリーは加工・業務用としての需要が高まっており、特にフローレット（花蕾部分を小分けに加工した物）用途での利用が増えている。加工・業務用として生産する場合には、青果用サイズよりも大型花蕾での生産が有利である。そこで本試験では、花蕾径15cmの確保を目標に、生産性の高い栽培方法を検討した。併せて、株間・条間（栽植密度）、播種時期、施肥窒素量が花蕾およびフローレット収量に及ぼす影響について評価を行った。

## 4. 試験方法

品種は全ての試験で「あらくさ53号（朝日アグリア）」を供試した。

### (1) 栽植密度の検討（2021年）

株間の違いが、花蕾およびフローレット収量に及ぼす影響を検討した。条間を70cmに固定し、株間50cm（2,857株/10a）、40cm（3,571株/10a）、30cm（4,761株/10a）の3区に設定した。播種は7月27日に行い、8月23日に畝間70cmで定植した。施肥は窒素成分で21kg/10aを元肥として施用し、収穫は花蕾径が15cmを超えたものを順次行った。

### (2) 播種時期の検討（2022、2023年）

播種時期の違いが収量に及ぼす影響を検討した。2022年は8月上旬、中旬、下旬に、2023年は7月中旬、下旬および8月上旬に播種を行った。栽植密度は条間70cm、株間30cmとし、収穫対象は花蕾径が15cm以上のものとした。なお、2022年は花蕾径が15cmに達した株から順次収穫を行い、2023年は花蕾径15cm以上の株が全体の5割に達した時点で一斉収穫した。

### (3) 施肥量の検討（2022、2023年）

窒素成分量の違いが収量に及ぼす影響を検討した。施肥は元肥を10a当たり21kg、28kg、36kgの3区を設定した。播種は、2022年は8月上旬、2023年は7月中旬に行い、本葉2～3枚時に条間70cm、株間30cmで定植した。収穫方法は上記（2）に準じた。

## 5. 試験結果および考察

(1) 栽植密度を検討するため、株間30cm、40cm、50cmの3区を設定した場合、1株当たりの収量は株間が広がるほど増加する傾向がみられた。一方で、10a当たりの収量は、株間30cm（4,761株/10a）が最も多かった（表-1）。このため、以後の試験は条間70cm×株間30cmで試験を行った。

(2) 播種時期の違いが収量に及ぼす影響を検討した結果、2022年の試験では、8月上旬播種区は12月中旬に収穫できたが、8月中旬および8月下旬播種区では花蕾が収穫基準（花蕾径15cm）に達しなかった。この結果を踏まえ、2023年は播種時期を前倒しして検討したが、8月中旬播種区では花蕾が収穫基準に達しなかった。これらの結果から、播種時期は7月中旬から下旬が適していた（表-2、3）。

(3) 秋どり栽培における窒素施肥量は、2022年では施肥量の違いによるフローレットの収量差はなく（データ省略）、2023年においても生育および収量に明確な差はなかった。これらの結果から、施肥量は窒素成分 21kg/10a が適性であると確認できた（表-4）。

（担当者 研究開発部 野菜研究室 根岸直人\*、下野勲\*\*、田代彩夏）

\* 現土壌環境研究室 \*\* 那須農業振興事務所

表-1 栽植密度が収量、品質に及ぼす影響（2021年）

株間	収穫日	花蕾重 (g/株)	換算収量 (kg/10a)	フローレット重 (g/株)	フローレット数 (個/株)	換算可販収量 (kg/10a)
50cm	11/11	552	1,578	330	16.4	944
40cm	11/9	562	2,008	334	17.1	1,193
30cm	11/11	490	2,331	293	17.5	1,396

注1 フローレットは、花蕾頂部下5cmでカットした。

2 花蕾重およびフローレット収量の10a当たり換算収量は、株当たり重量×10a当たり栽植密度で算出。

表-2 播種時期が収量、品質に及ぼす影響（2022年）

播種時期	定植日	収穫日	花蕾重 (g/株)	フローレット重 (g/株)	フローレット数 (個/株)	換算可販収量 (kg/10a)
9月9日	9月8日	12月12～20日	354	196	15.4	933
8月18日	9月14日	花蕾径10～13cmで生育停止	-	-	-	-
8月28日	9月27日	出蕾確認程度で生育停止	-	-	-	-

表-3 播種時期が収量、品質に及ぼす影響（2023年）

播種時期	定植日	収穫開始日	花蕾重 (g/株)	フローレット重 (g/株)	フローレット数 (個/株)	換算可販収量 (kg/10a)
7月19日	8月24日	11月20日	532	293	21.6	1,393
7月31日	9月5日	12月19日	485	277	19.3	1,317
8月10日	9月14日	花蕾径13cmで生育停止	-	-	-	-

表-4 施肥量の違いが収量、品質に及ぼす影響（2023年）

窒素施肥量 (10a当たり)	収穫日	花蕾重 (g/株)	フローレット重 (g/株)	フローレット数 (個/株)	換算可販収量 (kg/10a)
21kg	11月20日	532	293	21.6	1,393
28kg	11月20日	541	281	20.8	1,339
36kg	11月20日	529	293	20.3	1,394

# ぶどう「BK シードレス」の省力的な果房管理技術の確立

## 1. 成果の要約

ぶどう「BK シードレス」では、花穂整形時に上部の支梗を利用することで、摘粒作業の時間を短縮できる。また、満開 3～6 日後のジベレリン 100ppm・1 回処理により、果房管理作業の省力化が可能である。

## 2. キーワード

BK シードレス、省力、果房管理時間、植物成長調整剤、摘粒

## 3. 試験のねらい

ぶどう栽培において、摘粒作業は習得が難しく、多くの労力を要する。新品種「BK シードレス」は、無摘粒栽培が可能とされる黒系の黒系の大粒品種であり、栽培マニュアル（動画）も公表されている。しかし、マニュアルに沿った管理を行っても摘粒が必要になる場合があり、果房形状が不安定になる傾向も見られる。

そこで、摘粒作業を省略可能とする花穂整形方法や植物成長調整剤の処理方法などを検討し、技術的に未熟な新規栽培者でも取り組みやすい安定生産技術の確立を目指す。

## 4. 試験方法

### (1) BK シードレスの省力的な花穂整形方法の検討 【試験 1】

花穂整形を「上部支梗」、「主穂先端」、「マニュアル（主穂先端を切除）」の 3 種類の方法で実施し、作業時間と果実品質を調査した（写真-1）。

### (2) BK シードレスの省力的な植物成長調整剤処理の検討 【試験 2】

開花期のジベレリン処理について、フルメット液剤の混用の有無、濃度、処理回数を組み合わせた 4 種類の方法で実施し、各処理の作業時間および果実品質を比較した。なお、花穂整形は全て上部支梗を使用して実施した（表-1）。

## 5. 試験結果および考察

### (1) BK シードレスの省力的な花穂整形方法の検討 【試験 1】

- 1) 花房（果房）形質については、上部支梗を使用した場合に、花蕾密度および着粒密度が有意に小さくなった。一方、マニュアルに基づいて整形した区では、花蕾・着粒密度ともに最も高くなった（表-2）。
- 2) 果房管理作業では、上部支梗区は支梗の切除のみで摘粒作業が不要であったため、作業時間が最も短かった。一方、マニュアル区は、支梗の切除は行わなかったものの摘粒作業に多くの時間を要し、管理作業全体の所要時間は最も長かった（表-2）。
- 3) 収穫時の果房形質は、マニュアル区より上部支梗区及び主穂先端区で優れる傾向がみられた（写真-2）。

### (2) BK シードレスにおける省力的な植物成長調整剤処理の検討 【試験 2】

- 1) 花房（果房）形質について、満開 3～6 日後の 1 回処理を行った G100 区および G100+F5 区では、着粒密度および着粒割合がともに低い傾向であった（表-3）。
- 2) 果房管理作業について、摘粒の実施割合が最も低かったのは G100 区であり、管理作業が最も短かったのは G100+F5 区であった（表-3）。

- 3) 収穫時果実品質は、フルメット液剤を混用しないG100区において果房重はやや小さいものの、着色は良好な傾向が見られた（表-4）。
- 4) 満開 3～6 日後の 1 回処理により果房管理の省力化が可能と考えられた。ただし、GA100ppm+F5ppm 処理は薬剤の登録上、満開 3 日後にしか使用できないため、満開 3～6 日後の GA100ppm1 回処理が実用的と考えられた。

（担当者 研究開発部 果樹研究室 山中佑太）

表-1 植物成長調整剤処理方法

処理区	処理時期		
	満開～満開3日後	満開3～6日後	満開10～15日後
GA50+F5区	GA <sup>2</sup> 50ppm +F <sup>2</sup> 5ppm	-	-
GA100区	-	GA100ppm	-
GA100+F5区	-	GA100ppm +F5ppm	-
慣行区	GA25ppm +F5ppm	-	GA25ppm

<sup>2</sup>GAはジベレリン、Fはフルメット液剤の略称

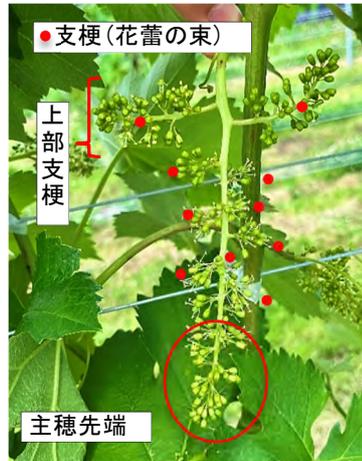


写真-1 ぶどうの花穂

表-2 着粒割合と作業実施状況【試験1】

処理区	花蕾密度 <sup>z</sup> (花蕾/cm)	着粒密度 <sup>z</sup> (果/cm)	着粒割合 (花蕾数 /果粒数)	作業時間(s/房)			作業実施房割合 (実施房数/全房数)	
				支梗の切除	摘粒	合計	支梗の切除	摘粒
上部支梗区	14.7 b <sup>y</sup>	4.2 b	94%	3.8 b	0.0 b	3.8 b	100%	0% b
主穂先端区	17.1 a	4.9 b	91%	3.6 b	11.0 b	14.6 b	100%	33% b
マニュアル区	18.4 a	6.3 a	98%	0.0 a	91.3 a	91.3 a	0%	100% a
有意性 <sup>x</sup>	*	**	ns	**	*	*	-	*

<sup>z</sup>花蕾密度は花穂整形直後、着粒密度は摘粒直前に調査

<sup>y</sup>多重比較はTukey-Kramer法により同符号間に有意差なし

<sup>x</sup>分散分析により\*\*は1%、\*は5%水準で有意、nsは有意差なし

表-3 着粒割合と作業実施状況【試験2】

処理区	花蕾密度 <sup>z</sup> (花蕾/cm)	着粒密度 <sup>z</sup> (果/cm)	着粒割合 (花蕾数 /果粒数)	作業時間(s/房)			作業実施房割合 (実施房数/全房数)	
				支梗の切除	摘粒	合計	支梗の切除	摘粒
G50+F5区	12.7	3.8	92% a <sup>y</sup>	0.2	0.8	1.0	6%	10%
G100区	12.7	3.1	80% ab	0.3	1.0	1.2	6%	6%
G100+F5区	11.6	3.1	77% b	0.1	0.7	0.7	3%	9%
慣行区	11.7	3.6	88% ab	0.0	3.1	3.1	0%	19%
有意性 <sup>x</sup>	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>z</sup>花蕾密度は花穂整形直後、着粒密度は摘粒直前に調査

<sup>y</sup>多重比較はTukey-Kramer法により同符号間に有意差なし

<sup>x</sup>分散分析により\*\*は1%、\*は5%水準で有意、nsは有意差なし

表-4 収穫時果実品質

処理区	果房重 (g)	着粒数	果粒重 (g)	CC	糖度 (%Brix)	酸度 (g/ml)
G50+F5区	401	39 a <sup>y</sup>	10.4 b	6.4	19.7	0.46
G100区	380	36 ab	11.1 b	6.6	19.9	0.45
G100+F5区	397	32 b	12.3 a	6.3	19.3	0.46
慣行区	437	36 ab	12.6 a	6.2	18.9	0.46
有意性 <sup>z</sup>	ns	*	*	ns	ns	ns

<sup>z</sup>分散分析によりnsは有意差なし

<sup>y</sup>多重比較はTukey-Kramer法により同符号間に有意差なし



写真-2 果房の様子(左から主穂先端区、上部支梗区、マニュアル区)

# 低温条件下におけるなしの受粉対策技術の確立

## 1. 成果の要約

令和2(2020)～3(2021)年に発生したなしの結実不良は、晩霜による雌しべの損傷が一因であったが、開花期間中の昼間の温度が上昇せず、受粉後の花粉管伸長が不十分で受精に至らなかったことも、主要な要因のひとつと考えられた。このため、昼間の低温下でも発芽率が高く、主要品種との和合性を有する花粉用品種の選抜を行った結果、「土佐梨」および「吉野古木」が、従来受粉に用いられてきた「松島」や「新興」と比較して、より優れた特性を有することが確認された。

## 2. キーワード

低温発芽性、なし花粉用品種、吉野古木、土佐梨

## 3. 試験のねらい

温暖化の影響により、なしの開花期は年々早まっており、晩霜や開花期の低温によって結実が不安定になる傾向にある。特に、令和2(2020)年4月の低温は、果実の結実に影響(結実不良)を及ぼし、県産なしの着果不足により出荷数量が減少した。

そこで、花粉の種類が低温時における花粉発芽率および花粉管伸長に及ぼす影響等の調査を実施した。あわせて、低温条件下でも花粉管伸長が優れる品種を選定するとともに、実際の結実率への影響も検証した。

## 4. 試験方法

11品種の花粉を寒天培地上に配置し、10℃および25℃の温度条件下で2, 6, 24, 48時間後の花粉発芽率を調査した。これにより、低温下における花粉発芽性を評価した。さらに、発芽率および花粉管伸長性に優れると判断された有望品種の花粉を用いて人工授粉を行い、実際の結実率を調査した。

## 5. 試験結果および考察

### (1) 低温発芽性の確認

10℃で6時間処理したすべての品種において花粉の発芽が確認され、なかでも「吉野古木」が76.9%と最も高い発芽率であった。さらに48時間後には、「吉野古木」に加えて「土佐梨」の発芽率も90%を超え、高い低温発芽性を示した(表-1)。

一方、25℃区では2時間後に供試したすべての品種で発芽が確認され、「吉野古木」「土佐梨」の2品種はともに80%以上の高い発芽率が確認された(表-1)。

### (2) 結実率への影響の確認

純花粉を希釈せずに人工授粉に用いた場合、「土佐梨」が平均結実率81.7%と供試品種の中で最も高かった(表-2)。

また、純花粉を石松子で希釈して人工授粉に用いた場合でも、「土佐梨」は8倍希釈で76.0%、「吉野古木」は68.3%と、いずれも高い結実率であった(表-3)。さらに、果実品質や形成された種子数においても、品種間や希釈条件の違いによる差は認められなかった(表-4)。

以上の結果から、低温下での発芽率と実際の結実率の両方で優れた結果を示した「土佐梨」が、低温時に用いる花粉用品種として最も適しており、また、「吉野古木」も同様に低温発芽性が高く、良好な結実率を示したことから、有効な品種であることが明らかとなった。

(担当者 研究開発部 果樹研究室 岡本春明)

表一1 低温条件(10℃)における各品種の花粉発芽率の推移(単位:%) (2021年)

試験区	品種名	2h後	6h後	24h後	48h後
低温区 (10℃区)	土佐梨	0	44.8	64.5	93.4
	吉野古木	0	76.9	90.7	92
	松島	0	29.7	61.8	79.3
	にっこり	0	41	63.5	59.7
	今村夏	0	42.3	67.8	65.6
	豊水	0	31.6	56.2	77.9
	秋麗	0	33.2	59.7	61.6
	あきづき	0	13.8	55.1	58.7
	新興	0	31.3	48.9	47.6
	甘太	0	28.2	53.6	51.4
	幸水	0	37.8	57.7	57.7
対照区 (25℃区)	土佐梨	81.8	84.4	92.4	91.3
	吉野古木	88.8	88.1	89.4	91.2
	松島	60.8	69.2	72.2	69.6
	にっこり	70.6	60.1	53.1	60.1
	今村夏	60.2	53	59.5	75.7
	豊水	46.5	64.8	69	74.6
	秋麗	67.6	69	64.9	71
	あきづき	65.2	72.4	65.3	71.3
	新興	56.7	47.3	52.8	45.7
	甘太	52.2	56.1	53.3	63.5
	幸水	62.5	53.7	52.8	49.4

表一2 純花粉(無希釈)を人工受粉に用いた時の結実率(受粉実施時の気温10~15℃)(2022年)

花粉品種	にっこり	幸水	豊水	平均
吉野古木	80.0%	78.3%	71.7%	76.7%
土佐梨	86.7%	83.3%	75.0%	81.7%
松島	71.7%	85.0%	71.7%	76.1%
新興	85.0%	85.0%	68.3%	79.4%
雪花梨(輸入花粉)	78.3%	68.3%	66.7%	71.1%

表一3 希釈した花粉を人工受粉に用いた時の結実率(受粉実施時の気温15~19℃)(2023年)

希釈倍率	花粉品種	受粉日		
		3月14日	3月29日	合計
4倍	吉野古木	80.0%	74.7%	77.4%
	土佐梨	67.5%	82.2%	74.9%
	松島	70.0%	74.9%	72.4%
8倍	吉野古木	65.6%	71.1%	68.3%
	土佐梨	74.5%	77.5%	76.0%
	松島	50.0%	60.5%	55.3%
12倍	吉野古木	67.5%	79.7%	73.6%
	土佐梨	56.6%	63.9%	60.3%
	松島	52.5%	74.1%	63.3%

表一4 希釈した花粉を用いて結実した果実の品質と種子数(2023年)

希釈倍率	花粉品種	横径	縦径	果重	糖度	種子数
		(mm)	(mm)	(g)	(Brix%)	(粒)
4倍	吉野古木	81.7	68.3	278.5	13.0	3.1
	土佐梨	97.2	67.9	275.5	13.1	3.5
	松島	80.9	67.5	266.0	13.0	2.6
8倍	吉野古木	81.6	68.0	276.9	13.0	2.5
	土佐梨	80.3	67.4	263.7	13.1	2.8
	松島	78.9	66.2	246.6	13.1	2.4
12倍	吉野古木	80.0	67.0	260.6	13.2	2.6
	土佐梨	80.6	68.0	265.7	13.2	2.4
	松島	78.8	66.1	252.1	13.3	2.1
有意性		ns	ns	ns	ns	ns

# 水田メタンの中干しによる抑制効果

## 1. 成果の要約

本県稲作の慣行的な水管理である間断かん水と、中干しを7日間実施した場合のメタン排出量の削減効果及び収量への影響を比較検証した。収量は、2023年度では4%、2024年度では1%の減少が見られたが、メタン積算排出量は2023年度では22%、2024年度では26%削減された。

## 2. キーワード

水田、メタン抑制、中干し、収量、J-クレジット制度

## 3. 試験のねらい

地球温暖化の抑止に向け、農業分野においても温室効果ガスの削減が求められている。特に水田由来のメタンは農業由来の温室効果ガスの約27%を占め（CO<sub>2</sub>換算、農林水産省農産局農業環境対策課 2022年度）、その抑制は重要である。J-クレジット制度においては、中干し期間を7日間以上延長することが有効な削減手段として認められている。栃木県内で慣行的に実施されている間断かん水と比較して、中干しを7日間実施した場合のメタン排出量および収量・品質に与える影響を定量的に検証する。

## 4. 試験方法

- (1) 供試作物 水稻（早植コシヒカリ）
- (2) 実施場所 栃木県農業総合研究センター内ほ場（黒ボク土）において実施
- (3) 処理区 慣行区：間断かん水（ほ場の足跡に水がある状態で入水）  
中干し区：最高分けつ期頃に7日間の中干し（水口を閉めて水尻を開ける）  
（共通：移植1か月間は浅水管理、出穂30日後から落水）
- (4) 調査項目 メタン排出量、生育状況（草丈・莖数）、収量（精玄米重）、品質指標（登熟歩合・玄米タンパク質）

## 5. 試験結果および考察

### (1) 水管理ごとのメタン排出量

中干し7日間の実施により、メタン排出量は慣行区と比較して2023年度に22%、2024年度に26%の削減が確認された（図-1）。これは、全国的なプロジェクトでとりまとめられたマニュアル（（独）農業環境技術研究所 平成24年）において、慣行の中干し期間を約1週間延長させた場合とほぼ同等の結果であった。

### (2) 水稻の収量及び品質への影響

生育状況について、草丈は全期間を通じて中干し区でやや低い傾向が見られた（表-1）。また、中干し区では穂数および一穂粒数がわずかに減少したことにより、収量は慣行区と比較して2023年度に4%、2024年度に1%減少した（図-2）。一方で、中干し区では登熟歩合の向上および玄米タンパク質の低下が見られ、品質面では一定の改善が認められた（表-2、図-3）。これらの収量および品質への影響は、前述のマニュアル記述と一致した。

以上の結果から、7日間の中干しにより収量は若干低下するが、メタン抑制効果は2～3割程度と大きかった。なお、中干しによる収量低下を抑制するためには、過度な乾燥によって穂数や粒数が不足しないように中干し開始前に飽水するなどの工夫が必要である。

(担当者 研究開発部 土壌環境研究室 佐藤怜佳、下山夏輝、中山恵)

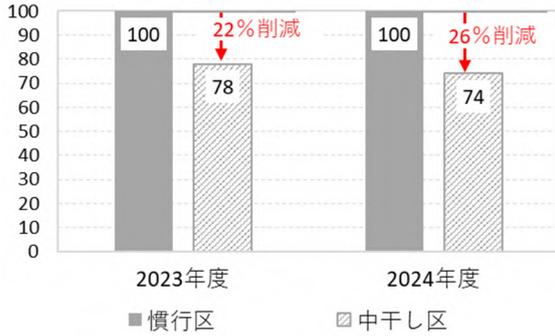


図-1 調査期間中のメタン発生割合 (慣行区を100とした場合)

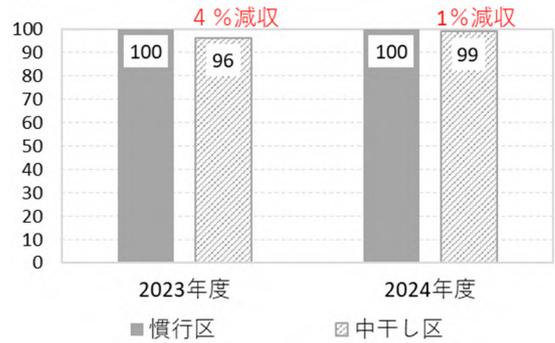


図-2 収量 (精玄米重 (kg/10a)) の割合 (慣行区を100とした場合)

表-1 生育状況

		最高分けつ期		出穂15日前		出穂期	
		草丈 (cm)	茎数 (本/株)	草丈 (cm)	茎数 (本/株)	草丈 (cm)	茎数 (本/株)
2023年度	慣行区	55.7	24.5	87.9	19.5	107.2	18.3
	中干し区	52.8	23.1	85.5	17.8	106.0	18.3
2024年度	慣行区	48.9	26.4	79.3	22.9	103.6	19.2
	中干し区	49.8	25.4	76.1	21.8	102.9	19.2

※ 中干し実施：最高分けつ期頃から実施

表-2 収量構成要素

		精玄米重 (kg/10a)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂粒数 (粒)	総粒数 (百粒/m <sup>2</sup> )	玄米千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	玄米タンパク質 (%)
2023年度	慣行区	608	368	93.8	345	22.3	78.8	6.8
	中干し区	585	339	91.3	310	22.6	83.7	6.4
2024年度	慣行区	607	382	94.9	363	21.2	79.4	6.0
	中干し区	600	370	92.6	343	21.6	81.2	5.9

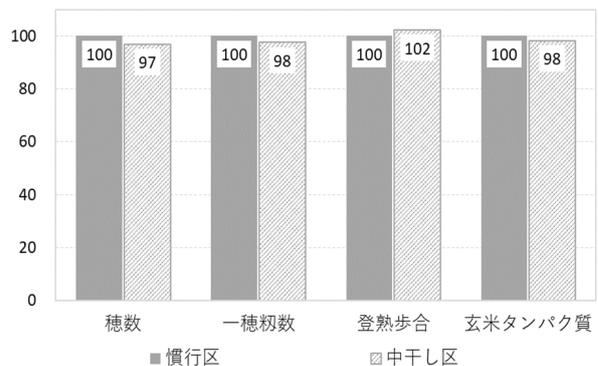
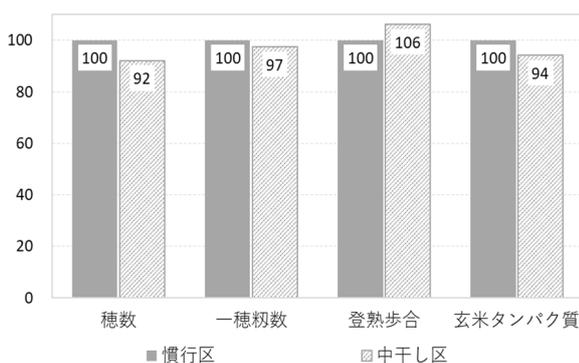


図-3 慣行区を100とした場合の、収量構成要素と品質の比較 (左：2023年度、右：2024年度)

# 土壌可給態窒素による水稻の窒素施肥診断指標

## 1. 成果の要約

水稻栽培における、土壌の可給態窒素に基づく窒素施肥診断指標について、以下を基本式とし、可給態窒素吸収係数、施肥窒素利用率および最適窒素吸収量の各パラメータ値を設定した。

【 可給態窒素×可給態窒素吸収係数+施肥量×施肥窒素利用率=最適窒素吸収量 】

この診断指標について、県内各地の現地農家ほ場での土壌の可給態窒素、施肥量および収量の関係を検証し、有効性を確認した。

## 2. キーワード

水稻、窒素施肥診断、可給態窒素、施肥窒素利用率、最適窒素吸収量

## 3. 試験のねらい

窒素質肥料の過剰施用は、温室効果ガス排出増加や地下水汚染の原因となることが懸念されており、地力に応じた最小限の施肥が求められている。特に水稻では、窒素吸収の約 6 割が可給態窒素に由来するため、可給態窒素に基づく水稻の土壌診断法を確立する。

## 4. 試験方法

### (1) 可給態窒素診断法の確立

本パラメータの考え方は、次のとおりとした。

- ・可給態窒素吸収係数=無窒素区の窒素吸収量/可給態窒素
- ・施肥窒素利用率={ (施肥区の窒素吸収量-無窒素区の窒素吸収量) / 施肥量 } × 100

また、各パラメータ値の設定は、当センターの試験結果に基づいた。

- ・可給態窒素吸収係数：2005～2007 年度
- ・最適窒素吸収量：1994～2012 年度
- ・施肥窒素利用率：1994～2008 年度

### (2) 診断法の検証

確立した診断法の有効性を検証するため、2024 年に現地農家ほ場 7 か所およびセンター内ほ場 2 か所で、慣行量および診断結果に基づき増減させた施肥量の 2 水準で栽培試験を行い、各施肥量での収量を調査した。また、JA 全農とちぎによる県内 63 地点の土壌可給態窒素の測定結果および収量、施肥量等のアンケート結果を調査した。

## 5. 試験結果および考察

### (1) 可給態窒素診断法の確立

可給態窒素吸収係数は、可給態窒素の濃度が高くなるほど低下する傾向が認められたため、両者の関係を累乗関数で近似し、各係数を算出した（図-1）。

最適窒素吸収量は、全量基肥の場合 10.9kg/10a であり、分施の場合は移植から追肥時期までが 5.3kg/10a、追肥時期から成熟期までが 5.6kg/10a であった。施肥窒素利用率は、全量基肥の場合 67.5%、分施の場合は基肥で 50.2%、追肥で 63.2% であった（表-1）。

以上の結果から得られた 3 つのパラメータを基に、コシヒカリ（早植、中部、黒ボク土）における可給態窒素に基づく窒素診断施肥量を、全量基肥および分施の場合で算出した（表-2）。

なお、施肥基準における窒素施肥量（窒素施肥基準量）は品種、作型、地域によって異なるため、上記条件以外の診断施肥量は、コシヒカリ（早植、中部黒ボク土）窒素施肥基準量との差を、表-2 の診断施肥量に加減することで算出した。

### (2) 診断法の検証

センター内ほ場および現地農家ほ場の調査結果を用い、土壌の可給態窒素に基づく診断施肥量を 100、水稻の目標収量を 100 とした場合、窒素施肥量（指数）が 100 以下の範囲では、窒素施

肥量の増加に比例して収量も直線的に増加した。しかし、窒素施肥量（指数）が100を超えると、収量の増加割合は小さくなり、更に窒素施肥量が増えると減収に転じた（図-2、図-3）。

JA 全農とちぎのアンケート調査結果では、各農家の栽培方法や土壤条件等の窒素施肥以外の要因による影響で、データにバラツキはあるものの、診断施肥量が概ね適切な窒素施肥量であると判断された（図-3）。

以上の結果から、可給態窒素診断法の有効性が確認できた。なお、本診断指標はマニュアル化し、当センターのホームページで公開している。

<https://www.pref.tochigi.lg.jp/g59/documents/shindanshihyou.pdf>

（担当者 研究開発部 土壤環境研究室 中山恵、森聖二）

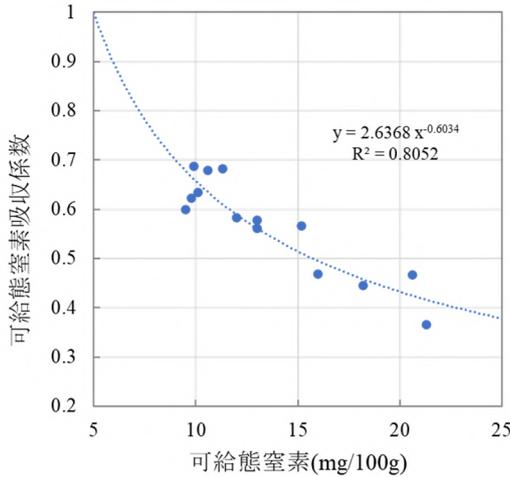


図-1 全量基肥栽培における可給態窒素と可給態窒素吸収係数の関係

表-1 コシヒカリ(早植、中部・黒ボク土)の各パラメータ値

	全量基肥	分施 基肥	分施 追肥
施肥基準量(kg/10a)	4～5	2～3	3
可給態窒素吸収係数			
a	2.637	0.793	2.273
b	-0.603	-0.3829	-0.846
施肥窒素利用率(%)	67.5	50.2	63.2
最適窒素吸収量(kg/10a)	10.9	5.3	5.6

※可給態窒素吸収係数 = a × 可給態窒素<sup>b</sup>

表-2 可給態窒素(mg/100g)に基づく窒素診断施肥量(kg/10a) (品種：コシヒカリ、早植、中部、黒ボク土)

可給態窒素	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
全量基肥	8.8	8.2	7.7	7.2	6.8	6.4	6.0	5.7	<b>5.3</b>	<b>5.0</b>	<b>4.7</b>	<b>4.4</b>	<b>4.1</b>	<b>3.9</b>	<b>3.6</b>	3.3	3.1	2.8	2.6	2.4	2.1
分施 基肥	6.3	5.8	5.3	4.9	4.4	4.0	3.6	<b>3.2</b>	<b>2.9</b>	<b>2.5</b>	<b>2.2</b>	<b>1.8</b>	<b>1.5</b>	1.2	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
分施 追肥	4.3	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7	3.7	3.6	3.5	3.5	<b>3.4</b>	<b>3.3</b>	<b>3.3</b>	<b>3.2</b>	<b>3.2</b>	<b>3.2</b>	<b>3.1</b>	<b>3.1</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>

※窒素施肥量 = (最適窒素吸収量 - 可給態窒素 × 可給態窒素吸収係数) / 施肥窒素利用率

※施肥基準(コシヒカリ、中部・黒ボク) 全量基肥：4～5 分施基肥：2～3 分施追肥 2～3 kg/10a

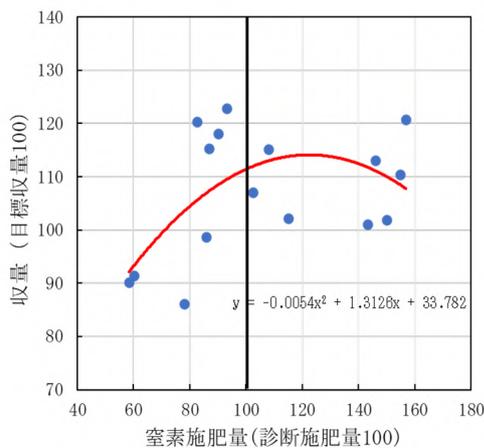


図-2 窒素施肥量と収量との関係(農研センター試験)(データ数：16)

※現地農家ほ場：12、センターほ場：4

※品種 コシヒカリ：10、とちぎの星：6

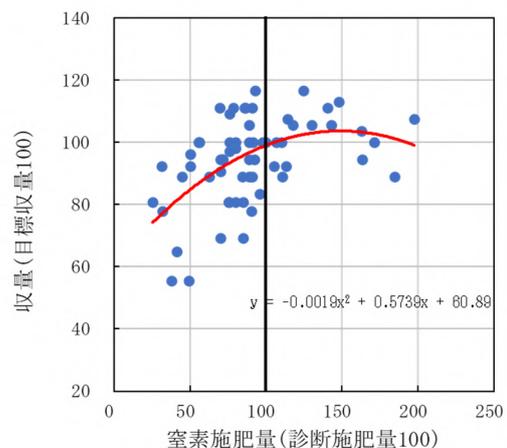


図-3 窒素施肥量と収量との関係(JA 全農とちぎアンケート調査)(データ数：63)

※早植コシヒカリの全層全量基肥施肥

※窒素施肥量、収量：アンケート調査結果

※可給態窒素測定：JA グリーンとちぎ

# マルチ被服時期と裾上げの有無が「とちあいか」の収量・品質に及ぼす影響

## 1. 成果の要約

マルチ被覆時期を遅らせることで、10月上中旬の地温上昇が抑制され、一次腋花房の開花のばらつきが抑えられた。

## 2. キーワード

いちご、とちあいか、マルチ、一次腋花房、花芽分化

## 3. 試験のねらい

とちあいかは、定植後の高温により一次腋花房の花芽分化が遅れる傾向がある。そのため、マルチの被覆時期を遅らせたり、被服後に裾上げすることで地温を下げ、一次腋花房の収穫始期を早め、出荷量の安定化を図る。

## 4. 試験方法

(1) 栽培様式 土耕栽培 夜冷作型（花芽分化期定植）

(2) 試験規模 10株2区制

(3) 処理内容

処理区	黒マルチ日時	裾上げ
早マルチ	10月3日	無
早マルチ裾上げ	10月3日	有
合わせ（遅）マルチ	10月19日	無

※裾上げは、合わせマルチを設置した10/19まで実施。

(4) 栽培概要

2023年6月26日に採苗仮植し、育苗中の窒素施肥量は120mg/株とした。8月4日から短日夜冷処理（8時間日長、10℃）を開始し、花芽分化を確認後、9月7日に畝幅105cm、株間24cmの2条高畝へ定植した。本ぼへの基肥施肥量は、a当たり成分でN1.5kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>2.0kg、K<sub>2</sub>O1.2kgとした。11月13日に保温を開始し、ハウスの温度管理は以下の通りとした。

- ・11月13日から12月18日：午前25℃、午後23℃
- ・12月19日から2月12日：午前27℃、午後23℃
- ・2月13日以降は、午前25℃、午後23℃

## 5. 試験結果および考察

(1) 早マルチの裾上げは、写真のとおり実施した。裾上げ期間中、マルチ接触による葉焼けや裾が落ちる等の問題は見られなかった。

(2) 10月16~19日の地温は、早マルチ区が合わせマルチ区（マルチ設置前）より最大2~3℃高かった。また、マルチの裾を上げることで、地温の上昇を約1℃抑えられた（図-1）。

(3) 頂花房の開花は処理区間の差は認められなかった。一次腋花房の開花始期および収穫始期も差は見られなかったが、早マルチ区では開花平均の標準偏差が大きく、開花および収穫始期にばらつきが見られた（表-1）。

(4) 不受精果や先つまり果等の障害果発生率に処理区間の差はなく、空洞果は全ての処理区で発生しなかった（表-2）。

(5) 可販果収量や糖度は、処理区間の差は認められなかった（表-3）。

以上の結果から、マルチの被服時期を遅らせることで地温上昇が抑制され、一次腋花房の開花のばらつきが抑えられることが明らかとなった。なお、収量や果実形質への影響は認められなかった。

（担当者 いちご研究所 開発研究室 小林泰弘、松島雄大\*）  
\* 現安足農業振興事務所



写真 早マルチ裾上げ区の裾上げの様子

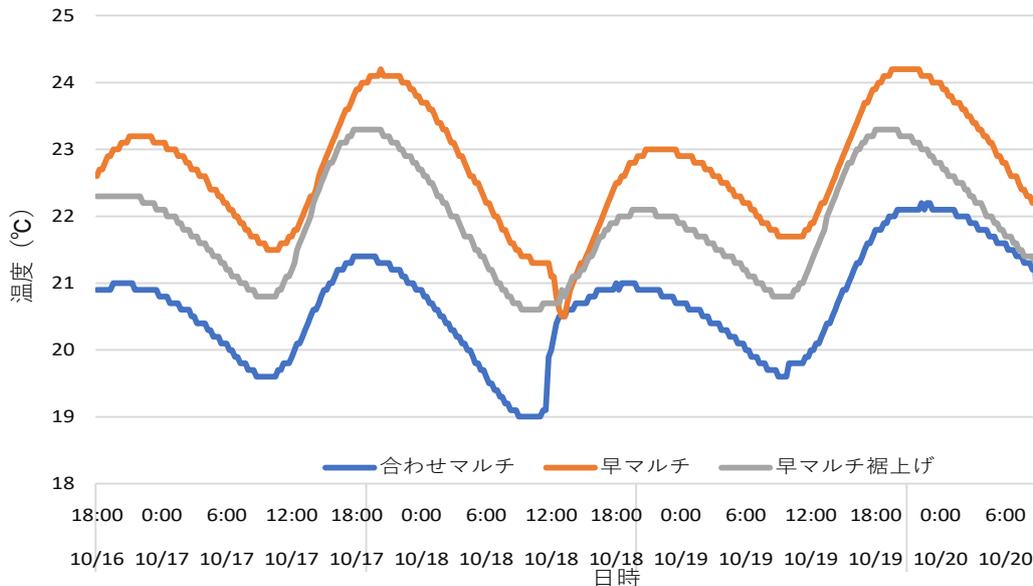


図-1 マルチ処理の違いによる地温への影響 (畝中央)

表-1 マルチ処理の違いによる開花、収穫始期への影響 (月/日)

処理	頂花房			一次腋花房			収穫始期
	開花始期	開花平均	±	開花始期	開花平均	±	
早マルチ	9/28	10/2	±5.8	10/26	11/26	11/29	±7.5
早マルチ裾上げ	9/28	10/3	±7.5	10/27	11/26	11/28	±4.0
合わせ(遅)マルチ	10/2	10/9	±8.2	10/27	11/26	11/28	±2.3

表-2 マルチ処理の違いによる障害果発生率への影響

処理	乱形果	不受精果	先つまり果				先白果	合計	先端障害果計
			重	中	軽	合計			
早マルチ	10.3	6.7	1.4	1.9	2.6	5.9	3.2	3.2	9.1
早マルチ裾上げ	8.9	4.3	0.6	2.3	1.5	4.4	3.5	3.5	7.9
合わせ(遅)マルチ	9.5	3.3	2.3	1.5	1.3	5.1	3.9	3.9	9.0

表-3 マルチ処理の違いによる収量及び糖度への影響

処理	可販果収量 (g/株)										糖度	
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	年内	比	合計		
早マルチ	42	80	53	239	289	285	202	175	100	1190	100	9.7
早マルチ裾上げ	21	100	70	250	248	248	211	191	109	1141	96	10.0
合わせ(遅)マルチ	15	115	103	240	275	262	204	233	133	1214	102	9.9

## 定植時期及びかん水量が先つまり果の発生に与える影響

### 1. 成果の要約

とちあいかの先つまり果は、本ぼでのかん水を pF1.9～2.2 の範囲に制御することで、発生が低減された。また、定植時期を花芽分化 7 日後に遅らせることで、頂花房における先つまり果の発生率を低減させることができた。

### 2. キーワード

とちあいか、先つまり果、定植時期、かん水管理、果実外観向上

### 3. 試験のねらい

とちあいかの先つまり果は、草勢の旺盛な圃場で多く発生する。原因としては、草勢過多による花房と葉の養水分の競合により、花托の先端部が未成熟のまま開花、受粉を迎えることが一因であると示唆される。そこで、定植時期およびかん水量による初期生育の制御が、先つまり果の発生に及ぼす影響を調査する。

### 4. 試験方法

育苗時の施肥は、窒素 120mg/株、本ぼの基肥は窒素 1.0kg/a を施用し、2022 年 9 月 1 日（花芽未分化時定植区、花芽分化時定植区）および 9 月 8 日（花芽分化 7 日後定植区）に二条高畝で定植した。苗は、花芽分化時定植区および花芽分化 7 日後定植区には 8 月 1 日から 8 月 31 日まで夜冷短日処理した苗を用い、花芽未分化時定植区は無処理苗を用いた。各区の株数は 10 株 2 区制とした。本ぼでのかん水は、20cm ピッチのドリップチューブ 2 本/畝を用い、地下 15cm 地点で pF 値を測定し、pF1.6（かん水量多）、pF1.9（かん水量中）、pF2.2（かん水量少）となるよう管理した。草勢の評価は、展開第 3 葉の葉身長を計測することで行った。

### 5. 試験結果および考察

#### (1) 10 から 12 月のかん水量が葉身長に及ぼす影響

葉身長はかん水量が多い（pF 値が低い）ほど大きい傾向が見られ、かん水量により草勢がコントロールできると考えられた（表-1）。

#### (2) 定植時期およびかん水量が先つまり果発生率へ与える影響

花芽分化時定植区の頂花房と花芽分化 7 日後定植区の二次腋花房以降では、pF1.6 区（かん水多）で先つまり果発生率が有意に高く、多かん水の影響と考えられた。また、定植時期別の発生率では、花芽分化時定植区、花芽分化 7 日後定植区、花芽未分化時定植区の順に高かった（表-2）。

#### (3) かん水量が可販果収量に及ぼす影響

作全体としては、かん水量による可販果収量の差は認められなかった。一方、花房別では、一次腋花房の pF2.2 区（かん水少）で有意に可販果収量が多かった（表-3）。

#### (4) 定植時期が可販果収量へ及ぼす影響

花芽未分化時定植区では、頂花房の可販果収量が他区より有意に多かったが、一次腋花房では有意に少なかった（表-4）。作全体では、花芽分化時定植区、花芽分化 7 日後定植区、花芽未分化時定植区の順で収量が多かった。

#### (5) 定植から頂花房第 1 花開花までの平均日数

花芽未分化時定植区では、開花が他区より約 1 か月遅く、ばらつきも大きかった（表-5）。

以上の結果から、花芽分化から 1 週間程度おいて定植し、多かん水を避けて初期生育を抑えることで、先つまり果の発生を抑制することが可能である。一方、花芽未分化での定植は、先つまり果発生率は低いものの、開花日ばらつきが大きく、生産現場では推奨できない。

※本研究は「令和 3 年度補正予算戦略的スマート農業技術等の開発・改良事業」により実施した。

（担当者 いちご研究所 開発研究室 村岡弘庸、松島雄大\*）

\*現安足農業振興事務所

表一 定植時期およびかん水量が葉身長へ及ぼす影響 (単位:cm)

定植時期	pF値	10月	11月	12月	3月	4月
花芽未分化時	1.6	12.0	10.2	8.8	6.3	8.2
	1.9	11.6	9.5	8.3	5.9	7.8
	2.2	11.0	9.4	7.9	5.5	7.0
花芽分化時	1.6	11.3	10.1	8.1	5.6	7.7
	1.9	11.2	10.0	8.2	6.5	8.2
	2.2	11.1	10.1	8.2	5.3	7.3
花芽分化7日後	1.6	10.6	10.5	8.5	5.8	7.7
	1.9	10.6	10.6	8.2	5.7	7.9
	2.2	10.2	9.9	8.2	6.0	7.7
花芽未分化時	1.6	11.3	10.3	8.5	5.9	7.8
	1.9	11.1	10.0	8.2	6.0	8.0
	2.2	10.8	9.8	8.1	5.6	7.4
花芽分化時		11.5	9.7	8.3	5.9	7.7
花芽分化7日後		11.2	10.1	8.2	5.8	7.7
		10.5	10.3	8.3	5.8	7.8

注 展開第3葉を計測した

表二 定植時期及びかん水量が先つまり果発生率へ及ぼす影響(単位:%)

定植時期	pF値	頂花房	一次腋花房	二次腋花房以降	合計
花芽未分化時	1.6	0.9	1.0	1.1	1.0
	1.9	0.0	1.0	2.0	1.2
	2.2	0.5	0.4	1.6	1.0
		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
花芽分化時	1.6	14.6	2.0	3.7	4.7
	1.9	8.3	1.0	1.9	2.7
	2.2	5.8	1.1	1.9	2.3
		*	n.s.	n.s.	**
花芽分化7日後	1.6	7.5	0.0	3.5	2.9
	1.9	5.5	1.5	1.0	1.8
	2.2	3.3	1.4	1.1	1.6
		n.s.	n.s.	*	n.s.
花芽未分化時	1.6	6.3	1.0	2.9	2.9
	1.9	3.8	1.2	1.6	1.9
	2.2	2.9	1.0	1.6	1.6
		*	n.s.	*	**
花芽分化時		0.4	0.7	1.6	1.1
花芽分化7日後		9.3	1.3	2.5	3.2
		***	n.s.	n.s.	***

注1 Fisherの正確確率検定により\*\*\*は0.1%水準, \*\*は1%水準, \*は5%水準で有意差あり, n.s. は5%水準で有意差なしを示す

注2 先つまり果重度、中度、軽度の果数を可販果数で除して算出

表三 かん水量が可販果収量等へ及ぼす影響

(可販果収量:g/株、可販果数:個/株、平均1果重:g)

pF値	頂花房			一次腋花房			二次腋花房以降		
	可販果収量	可販果数	平均1果重	可販果収量	可販果数	平均1果重	可販果収量	可販果数	平均1果重
1.6	174.5	7.8	22.4	323.3 b	13.8 ab	23.5	431.4	19.6	22.0 a
1.9	177.3	8.2	21.6	303.5 b	13.0 b	23.4	490.5	22.7	21.7 a
2.2	174.5	8.1	21.5	372.2 a	15.8 a	23.5	454.7	22.8	19.9 b
	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	**

注1 分散分析により\*\*は1%水準で有意差あり, n.s. は5%水準で有意差なしを示す

注2 Tukeyの多重比較により異符号間に5%水準で有意差があることを示す

表四 定植時期が可販果収量等へ及ぼす影響

(可販果収量:g/株、可販果数:個、平均1果重:g)

定植時期	頂花房			一次腋花房			二次腋花房以降		
	可販果収量	可販果数	平均1果重	可販果収量	可販果数	平均1果重	可販果収量	可販果数	平均1果重
花芽未分化時	280.8 a	11.2 a	25.1 a	262.3 c	11.7 b	22.3	436.6	20.9	20.8
花芽分化時	118.0 b	6.6 b	17.9 b	396.5 a	16.5 a	24.0	467.8	22.2	21.1
花芽分化7日後	128.4 b	6.4 b	20.2 b	339.7 b	14.3 a	23.8	472.4	22.0	21.5
	**	**	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注1 分散分析により\*\*は1%水準で有意差あり, n.s. は5%水準で有意差なしを示す

注2 Tukeyの多重比較により異符号間に5%水準で有意差があることを示す

表五 定植から頂花房第1花開花までの平均日数

定植時期	平均日数(日)	分散
花芽未分化時	56.88	281.87
花芽分化時	26.10	17.09
花芽分化7日後	25.07	11.79
		***

注1 平均日数は定植日から頂花房第1花開花日までの日数の平均

注2 Bartlett検定により\*\*\*は0.1%水準で等分散性を棄却できることを示す

# 芽数管理がいちご「とちあいか」の収量、収益性、作業性に及ぼす影響

## 1. 成果の要約

「とちあいか」の芽数管理は、定植直後に不定芽を1芽残すことで、単価の高い1月下旬~2月上旬の収量が増加し、収益性の向上が図られることが示された。作業性はやや低下するものの、年内に不定芽を1芽残す管理は有用であると考えられる。

## 2. キーワード

いちご、とちあいか、芽数、先端障害果、不定芽

## 3. 試験のねらい

とちあいかの収量確保および先端障害果の発生抑制のため、適正な草姿管理技術を確立する。

## 4. 試験方法

- (1) 栽培様式 土耕栽培 夜冷作型
- (2) 試験規模 20株2区制
- (3) 処理内容

処理区	時期ごとの処理内容		
	定植直後	一次腋花房開花後	二次腋花房開花後
不定芽除去①	不定芽除去	不定芽除去	不定芽除去
不定芽除去②	不定芽1芽残し	不定芽除去	放任
放任	放任	放任	放任



- ※注 1.不定芽除去：下位の節に発生する弱い芽を除去。
- 2.不定芽1芽残し：通路側の不定芽を残した。

図 不定芽除去②の除去方法  
(定植直後~一次開花の期間)

### (4) 栽培概要

2022年6月27日に採苗、仮植を行い、育苗中は窒素成分で120mg/株を錠剤肥料で施用した。8月5日から夜冷短日処理を開始し、花芽分化が片形成期に達した9月1日に、畝幅110cm、株間24cmの二条高畝に定植した。本ぼの元肥施肥量はa当たり成分で、N1.5kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>2.0kg、K<sub>2</sub>O1.2kgとした。マルチ被覆は10月17日に実施した。保温は11月4日に開始し、ハウスの温度管理は、11月4日から12月13日までは午前25℃、午後23℃、12月14日から2月26日までは午前27℃、午後23℃、2月27日以降は、午前25℃、午後23℃とした。最低夜温は8℃で管理した。

## 5. 試験結果および考察

- (1) 頂花房の開花および収穫始期、不定芽花房の開花始期には、処理区間で大きな差は認められなかった。一方、放任区では、一次腋花房の開花および収穫始期が約10日遅れるとともに、不定芽花房の開花および収穫始期は、他区の一次腋花房と同程度であった(表-1)。
- (2) 1株当たりの総収量および単位面積当たりの収量には、処理間で大きな差は認められなかった(表-2)。ただし、芽数が多いほど収穫果数が増加し、平均1果重は小さくなる傾向が見られた。
- (3) 1月下旬~2月上旬の収量は、放任区で約210g/株と最も多く、不定芽除去②区で約190g/株、不定芽除去①区で約170g/株であった。また、不定芽を残すことで、不定芽除去区①で認められる4月上旬の収穫の落ち込みが緩和された(図-1)。
- (4) 障害果発生率は、乱形果が不定芽除去①区で多かった。不受精果、先つまり果、先白果について、処理区間で明確な差は認められなかった(表-3)。
- (5) 販売金額は、不定芽除去②区が最も高かった(表-4)。
- (6) 年内の作業性(葉かき、芽かき、ランナーとり)では、芽数を管理する不定芽除去①区および不定芽除去②区の作業時間が多く、特に不定芽除去②区は残す不定芽の選定に時間を要した。2月以降は、放任区の作業時間が最も多く、芽数が多い区ほど合計作業時間も増加する傾向が見られた。収穫作業時間についても、芽数が多い区ほど時間を要する傾向が認められた(図-2、3)。

(担当者 いちご研究所 開発研究室 稲葉瑛世\*、畠山昭嗣)  
\*現芳賀農業振興事務所

表-1 各処理区の花房ごとの開花および収穫始期 (月/日)

処理区	頂花房		一次腋花房		不定芽花房	
	開花始期	収穫始期	開花始期	収穫始期	開花始期	収穫始期
不定芽除去①	9/28	10/22	11/24	12/28	—	—
不定芽除去②	9/29	10/26	11/25	12/28	11/22	1/5
放任	9/27	10/26	12/2	1/7	11/21	12/28

表-2 各処理区の月別収量

処理区	月別収量 (g/株)								年内収量 (g/株)	合計収量 (g/株)	(比率)	単位面積換算収量 (t/10a)
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月				
不定芽除去①	18	87	30	168	297	248	147	216	135	1,211	(100)	7.3
不定芽除去②	14	101	39	192	304	275	162	170	154	1,257	(104)	7.6
放任	13	74	40	214	300	277	188	135	127	1,241	(102)	7.4

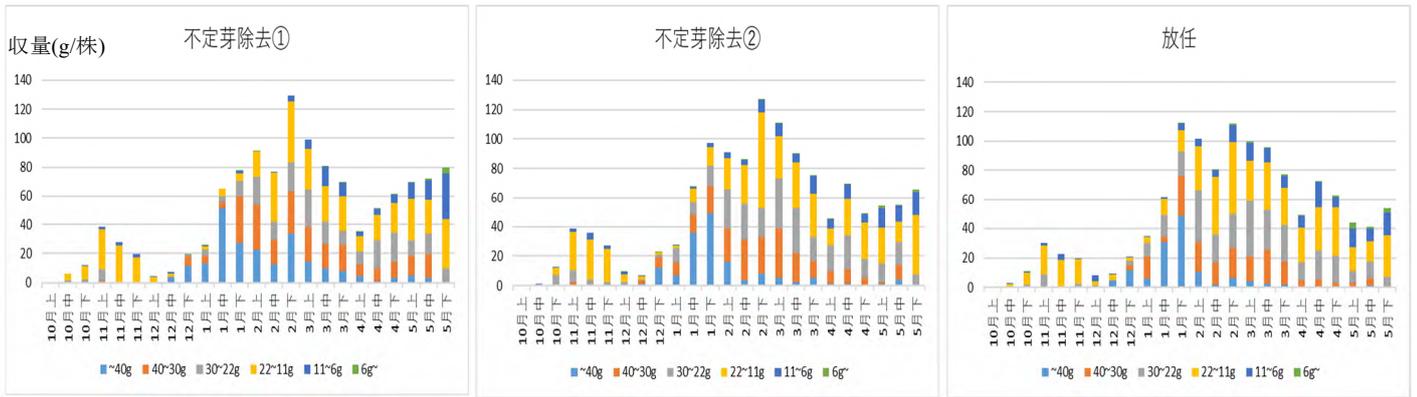


図-1 処理区ごとの旬別収量の推移

表-3 各処理区の障害果発生率 (%)

処理区	乱形果	不受精果	先つまり果				先白果
			軽度	中度	重度	合計	
不定芽除去①	6.0	8.4	0.7	0.6	1.2	2.5	1.3
不定芽除去②	2.7	6.4	0.1	0.3	0.7	1.1	0.7
放任	3.1	9.8	0.5	0.6	0.7	1.8	0.8

表-4 処理区ごとの販売金額の推移

処理区	月別販売金額 (千円/10a) (平均単価 (円/kg))								合計販売金額	
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	(千円/10a)	(比率)
不定芽除去①	(4,038)	(2,175)	(1,973)	(1,407)	(1,341)	(1,189)	(1,010)	(827)	9,479	(100)
不定芽除去②	330	1,323	464	1,625	2,447	1,964	983	845	9,982	(105)
放任	321	971	470	1,808	2,414	1,980	1,138	669	9,771	(103)

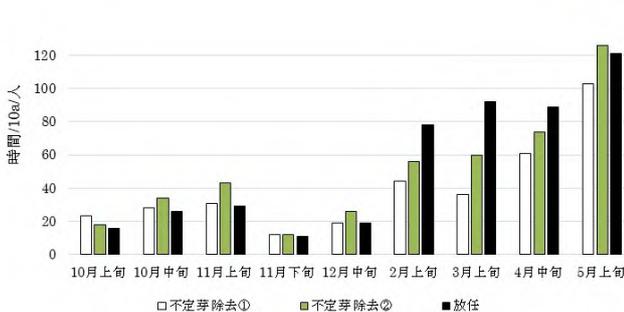


図-2 各処理区の作業時間の推移 (葉かき、芽かき、ランナーとり)

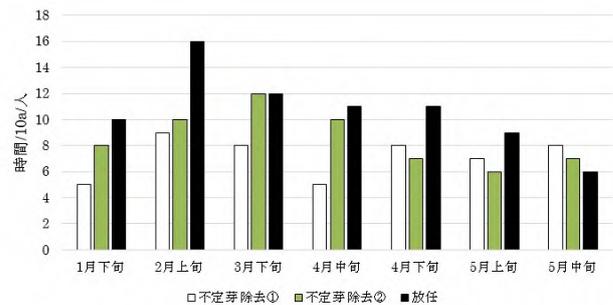


図-3 各処理区の収穫作業時間の推移

## Ⅱ 研究の場で活用される新手法等 【研究情報】

## II 研究の場で活用される新手法等 【研究情報】

ページ

1	転換田露地野菜への窒素供給予測システム	土壌環境研究室	27
2	転換田の土壌窒素無機化予測	土壌環境研究室	29
3	転換田の土壌水分および水分移動予測	土壌環境研究室	31
4	転換田の地温の垂直分布予測	土壌環境研究室	33
5	転換田の土層内硝酸の垂直分布予測	土壌環境研究室	35

# 転換田露地野菜への窒素供給予測システム

## 1. 成果の要約

転換田での露地野菜の適切な施肥管理を実現するため、転換田での土壌窒素無機化・水分移動・地温・硝酸イオン移動モデルを統合し、気象データから土壌内の硝酸イオン分布と作物の N 吸収を予測するシステムを構築した。40 作目・6 土壌類型に対応し、施肥量や気象条件の違いによる N 供給の過不足を把握することが可能になった。

## 2. キーワード

転換田、露地野菜、窒素吸収、硝酸イオン、気象データ

## 3. 試験のねらい

転換田への露地野菜導入に際し、作物への N 供給予測が重要である。N は、施肥以外に土壌からの無機化による供給が多く、またその量は土壌類型や管理来歴によって大きく異なる。さらに、畑地での主な無機態 N である硝酸イオンは、土壌への吸着が少なく、土層内を水と共に移動するので、作物への適正な N 供給には、土壌からの N 無機化と土層内硝酸イオンの移動による垂直分布の予測が必要である。そこで、土壌からの N 無機化と土層内水分移動予測モデルに露地野菜 N 吸収モデルを組み合わせて、転換田での露地野菜の N 吸収予測システムを作成する。

## 4. 試験方法

県内 9 地点の転換田での測定結果に基づく「水分垂直移動モデル」、6 地点での測定結果に基づく「地温モデル」、8 地点での測定結果を用いた「N 無機化モデル」、5 地点での測定結果に基づく「硝酸垂直移動モデル」、さらに既往の各種作目 N 総吸収量と成長曲線で作成した「N 吸収深度モデル」を組み合わせ、マイクロソフト・エクセルを用いて転換田における露地野菜 N 供給予測システムを構築した(図-1)。

## 5. 試験結果および考察

- (1) モデルは、層厚 10 cm の単層を 10 層重ねた構造で、1/20 日を時間単位として計算される。
- (2) 気象データとして、日平均気温、日降水量および日射量を用いる。
- (3) 必須入力項目は、作目および土壌類型区分で、作目 40 種と土壌類型区分 6 種から選択する(表-1、図-2)。
- (4) 任意入力項目は、植付年月日、収穫年月日、施肥年月日、N 施肥量、肥料の種類、作物 N 吸収量、作土の化学性(TN、LFN、無機態 N、ATP、Al、pH)、土層の層位別(10cm 間隔)物理性(仮比重、下方浸透基底含水率、下方浸透速度係数)、その他全てのパラメータで、入力項目に応じて、よりの確な結果が得られる。
- (5) 出力項目(モデル計算による予測値)は、土壌体積含水率垂直分布の推移、土壌温度垂直分布の推移、土壌溶液 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度垂直分布の推移、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>溶脱量の推移、浸透水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の推移、作土からの N 無機化速度の推移、露地野菜による N 吸収推移と吸収総量である。これにより、時期別 N 供給量の過不足、N 施肥量や植え付け時期などの変更、または、極端気象現象発生時の N 供給の過不足が予測できる。

(担当者 研究開発部 土壌環境研究室 亀和田國彦、中山 恵、下山夏輝、吉澤克憲、大島正稔\*、関口雅史\*\*) \*現那須農業振興事務所、\*\*現経済流通課

[具体的データ]

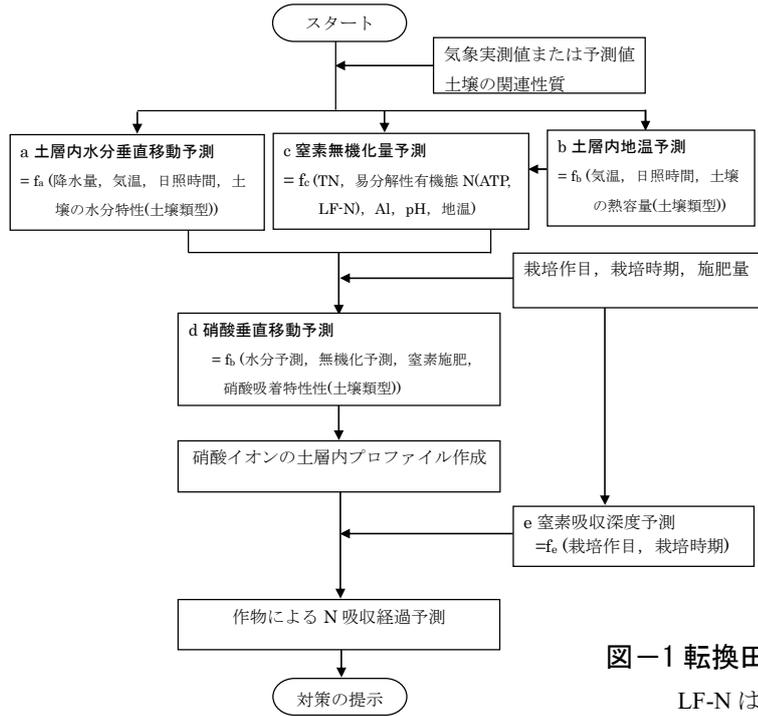


図-1 転換田露地野菜施肥管理システムフロー

LF-N は低比重画分 N

表-1 窒素無機化予測に関わる作土の化学性既定値 (定点調査測定値により設定)

土壌類型	TN mg/100g	低比重画分 N mg/100g	無機態 N mg/100g	ATP mg/100g	Al g/kg	pH
台地の黒ボク土, 腐植層 50cm 以上	700	30	3	0.70	40	6.0
台地の黒ボク土, 腐植層 50cm 未満	600	20	3	0.60	35	6.0
低地の黒ボク土	400	10	3	0.45	25	6.0
腐植の少ない黒ボク土	300	5	3	0.45	20	6.0
低地土壌	180	5	3	0.30	5	6.0
砂質土壌	100	3	3	0.10	2	6.0

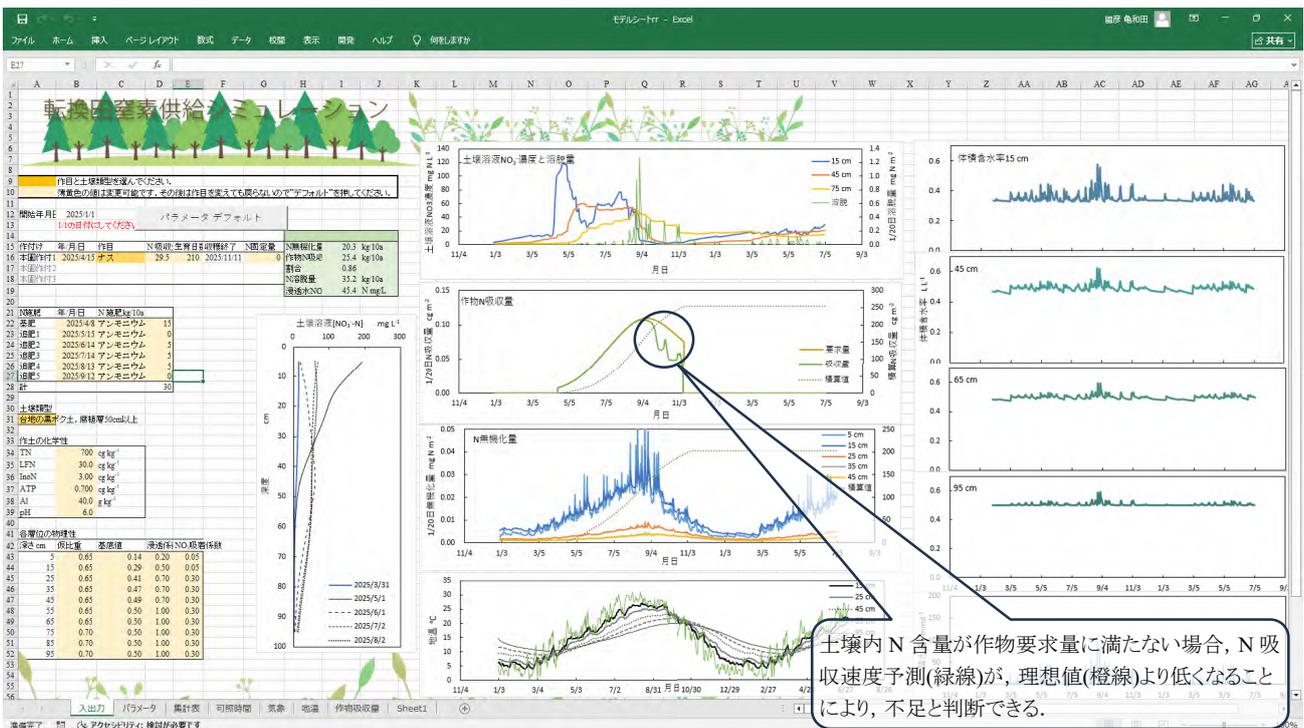


図-2 転換田窒素供給シミュレーション・シートの入出力画面

# 転換田の土壌窒素無機化予測

## 1. 成果の要約

培養実験を行わずに長期的な窒素無機化速度を推定するため、転換田 8 土壌の窒素無機化を 510 日測定し、さらに連続一次反応モデルを構築して解析した。モデルパラメータを TN・ATP・低比重画分 N・酸性シュウ酸塩可溶 Al・pH と関連付けることで、全土壌で高精度 (RMSE 0.61) な予測が可能となった。

## 2. キーワード

窒素無機化、連続一次反応モデル、ATP、酸性シュウ酸塩可溶アルミニウム

## 3. 試験のねらい

転換田への露地野菜の導入に際し、土壌からの窒素無機化予測は、極めて重要である。これまで、窒素無機化予測は、各種溶媒による易分解性有機態窒素画分の抽出、4 週間培養、または一次反応(指数関数)モデルの活用が試みられてきた。一次反応モデルは、これまで、土壌間差、処理間差の検証や、有機質資材の窒素無機化特性の把握などに広く活用されてきたが、モデルパラメータの流動性と不確実性が問題視されている。その原因は、実際の現象とモデルが合っていないこと、さらにモデルパラメータの算出が、統計的確かさを根拠としたモデル内計算によってなされることにあるとされる。本研究では、連続一次反応モデルを導入し、さらにモデルパラメータを土壌の生物・化学性測定値に関連付けることで、これらの課題を解決する。

## 4. 試験方法

PON の易分解化により EON が生成され、EON の無機化により無機態窒素 (ION) が生成する連続一次反応モデル(図 1、式 1 から 6)を作成した。8 地点の水田作土を採取し、センター内圃場で 2 年 7 か月間畑地管理をした後、酸化的環境下の 20、25、30°C で 510 日間培養し、その間に 13 回無機態窒素含量を測定した。他方でモデルパラメータを構成しうる生物・化学性として、土壌の各種化学性および生物性を測定し、モデルパラメータを、それら測定値の関数として算出した。

## 5. 試験結果および考察

- (1) モデルパラメータの EON 容量 ( $N_{EON}^0$ ) は ATP および低比重画分窒素含量の、PON 容量 ( $N_{PON}^0$ ) は TN および EON 容量の、易分解化速度係数 ( $A_{PON}$ ) は酸性シュウ酸塩可溶 Al 含量および pH の、EON の無機化速度係数 ( $A_{EON}$ ) は pH の関数として、また両反応の活性化エネルギーは、それぞれ、全土壌に共通の定数として設定された (表-1)。
- (2) 測定値に対する予測値の RMSE は 0.61 mg/100g で、十分な予測精度が得られた (図-2)。
- (3) 土壌の TN、pH、ATP、低比重画分窒素および酸性シュウ酸塩抽出 Al を測定することにより、培養実験をすることなく各種土壌の畑地状態での長期間にわたる窒素無機化速度の予測が可能である。ATP 測定は、生土で実施する。

(担当者 研究開発部 土壌環境研究室 亀和田國彦、中山 恵、関口雅史\*)

\*現経済流通課

[具体的データ]

[モデル]

$$\text{PON} \xrightarrow{k_{\text{PON}}} \text{EON} \xrightarrow{k_{\text{EON}}} \text{ION} \quad \text{式 1}$$

$$-\frac{dN_{\text{PON}}}{dt} = k_{\text{PON}} N_{\text{PON}}, \quad \text{式 2}$$

$$\frac{dN_{\text{EON}}}{dt} = k_{\text{PON}} N_{\text{PON}} - k_{\text{EON}} N_{\text{EON}}, \quad \text{式 3}$$

$$\frac{dN_{\text{ION}}}{dt} = k_{\text{EON}} N_{\text{EON}}, \quad \text{式 4}$$

ただし、 $N_{\text{EON}}$  は EON 含有率 ( $\text{cg kg}^{-1}$ );  $N_{\text{PON}}$  は PON 含有率 ( $\text{cg kg}^{-1}$ );  $N_{\text{ION}}$  は ION 含有率 ( $\text{cg kg}^{-1}$ );  $k_{\text{PON}}$  は PON の易分解化速度定数 ( $\text{kg}^{-1}$ ),  $k_{\text{EON}}$  は EON の無機化速度定数.

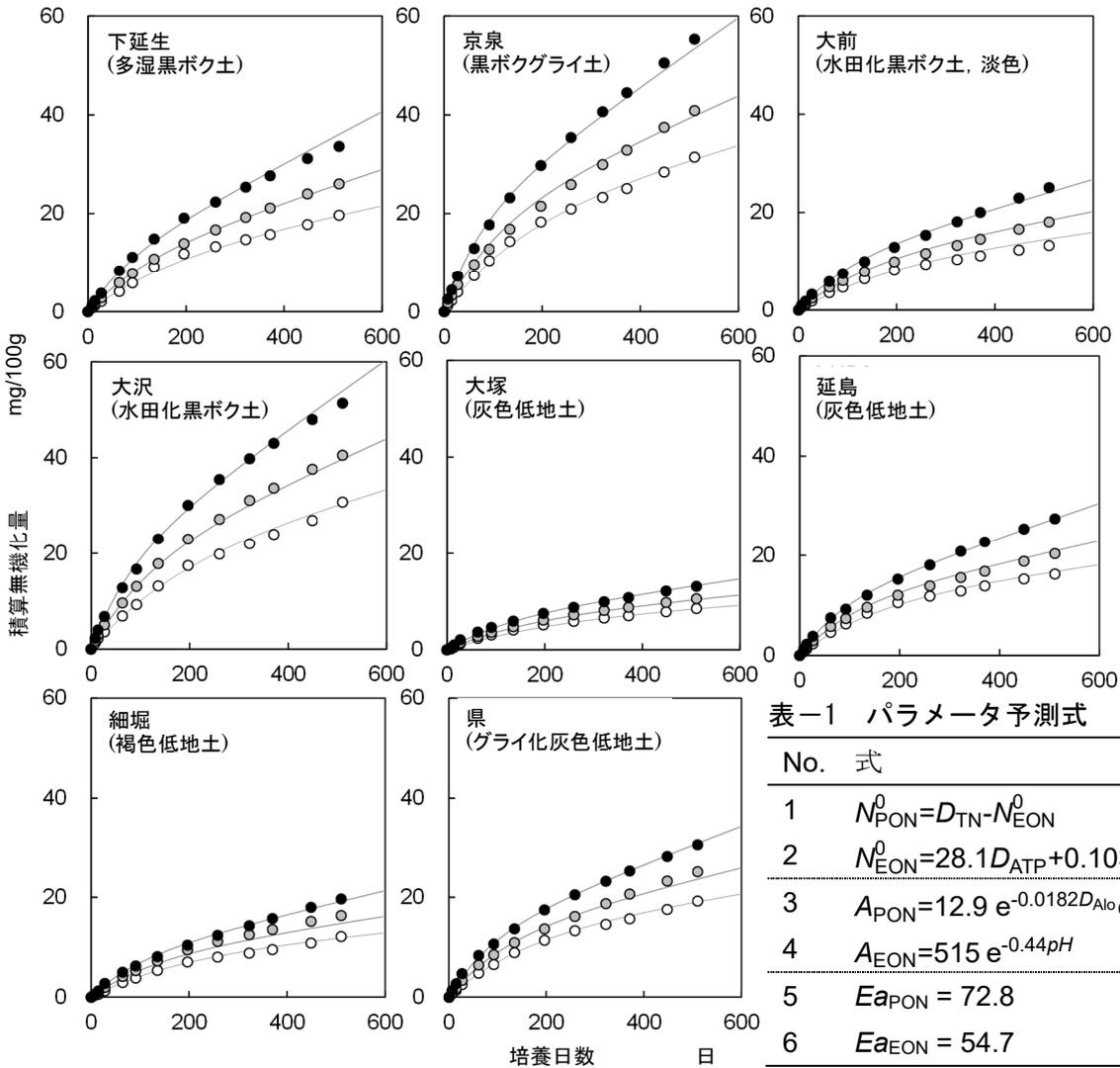
二種の速度定数は、アーレニウスの式により温度に関連付けられる.

$$k_{\text{PON}} = A_{\text{PON}} e^{-\frac{E_{a\text{PON}}}{RT}}, \quad \text{式 5}$$

$$k_{\text{EON}} = A_{\text{EON}} e^{-\frac{E_{a\text{EON}}}{RT}}, \quad \text{式 6}$$

ただし、 $k_{\text{PON}}$ ,  $k_{\text{EON}}$  は PON または EON の温度  $T$  での反応速度定数;  $E_{a\text{PON}}$ ,  $E_{a\text{EON}}$  は PON の易分解化または EON の無機化の活性化エネルギー ( $\text{J mol}^{-1}$ );  $A_{\text{PON}}$ ,  $A_{\text{EON}}$ , 表一参照;  $R$ , 気体定数 ( $8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ );  $T$ ,

図一 モデル模式図



図二 窒素無機化実測値およびモデル計算値

ドット; 実測値 (● 30°C, ● 25°C, ○ 20°C), 実線; モデル計算値  
全測定値の RMSE は 0.61 mg/100g.

表一 パラメータ予測式

No.	式	単位
1	$N_{\text{PON}}^0 = D_{\text{TN}} - N_{\text{EON}}^0$	$\text{g kg}^{-1}$
2	$N_{\text{EON}}^0 = 28.1 D_{\text{ATP}} + 0.103 D_{\text{LFN}}$	$\text{g kg}^{-1}$
3	$A_{\text{PON}} = 12.9 e^{-0.0182 D_{\text{AlO}}} e^{-0.496 \text{pH}}$	$\times 10^9 \text{ d}^{-1}$
4	$A_{\text{EON}} = 515 e^{-0.44 \text{pH}}$	$\times 10^9 \text{ d}^{-1}$
5	$E_{a\text{PON}} = 72.8$	$\text{kJ mol}^{-1}$
6	$E_{a\text{EON}} = 54.7$	$\text{kJ mol}^{-1}$

$N_{\text{PON}}^0$ , PON 初期値 (PON pool)  $N_{\text{EON}}^0$ ; EON 初期値 (EON pool);  $D_{\text{TN}}$ , TN 測定値;  $D_{\text{ATP}}$ , ATP 測定値;  $D_{\text{LFN}}$ , 低比重画分 N 測定値;  $A_{\text{PON}}$ ,  $A_{\text{EON}}$ , PON の易分解化または EON の無機化に関する温度に無関係な反応定数 (頻度因子 ( $\text{d}^{-1}$ ));  $D_{\text{AlO}}$ , 酸性シユウ酸塩抽出 Al 含量;  $\text{pH}$ ,  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  測定値.

# 転換田の土壌水分および水分移動予測

## 1. 成果の要約

転換田の多様な土壌類型で利用可能な水分垂直移動を予測するため、県内 9 カ所の転換田で土壌水分と物理性を長期測定した。さらに、そのデータを基に 10 層構造のタンクモデルを構築した。モデルは気象データを入力することで深さ 1 m までの体積含水率と水分移動を再現し、実測値と良好に一致した。

## 2. キーワード

土壌体積含水率、土層内水分移動、タンクモデル、不飽和透水係数、気象データ

## 3. 試験のねらい

転換田土壌内の主要無機態窒素の硝酸イオンは、土壌への吸着が少なく、水分と共に移動するため、転換田の露地野菜の窒素の可給性を知るためには、土壌中水分の垂直移動の予測が必要である。これまでに、農耕地での水分移動および含水率予測にはタンクモデルが導入されているが、広範囲な土壌類型に適用できる汎用化されたモデルはない。そこで、土壌の保水性に関する各種性質とモデルパラメータを関連付けることにより、本県内に分布する広範囲な土壌類型で使用可能な水分移動モデルを作成する。

## 4. 試験方法

モデルは、層厚 10 cm の単層を 10 層垂直に重ねた構造のタンクモデルとして作成した。各土層タンクの水分収支は、下方浸透および毛管上昇による流入出で表される。ただし、表層タンクでは毛管上昇による流出が無く、降水による流入、蒸発散による流出および表面流去による流出が加わる(図-1、式 1～8)。下方浸透および毛管上昇フラックスの算出には、通常のタンクモデルでは用いられない不飽和透水流の概念を導入した。

他方、黒ボク土および低地土を含む県内転換田 9 地点において、表層(15 cm)から深度約 1 m までの体積含水率を TDR センサーにより半年から 2 年間継続して測定した。さらに、これら 9 地点で表層から深さ 1 m までの各層位の三相分布および保水性を測定した。モデルパラメータは、これらの物理性測定値を関数として設定した。

## 5. 試験結果および考察

- (1) 土層内水分浸透フラックスは、本来、水分張力勾配の関数として得られるのに対し、本モデルでは、実用上の利便性を考慮し体積含水率勾配の関数とした(式 3～5)。現地での測定結果から、降雨後の各層位の含水率は経時的に層位固有の値に収斂し、その値は下層ほど大きい傾向を示した。この値を下方浸透既定含水率とし、ロジスティック曲線を用いて深度の関数とした。なお、曲線の係数は黒ボク土と非黒ボク土で異なる値を設定した(式 8)。
- (2) 気象データ測定値(日降水量、日平均気温、日射量)を用いたモデル計算値は、表層から約 1 m まで実測値に概ね一致し、本モデルが土層内体積含水率および水分移動予測に十分な実用性があることが示された(図-2)。
- (3) 土壌の物理性測定値が無い場合は、土壌類型毎に設定された既往の値を用いる。また、日降水量はできるだけ現地の値に近似のものを用いる。

(担当者 研究開発部 土壌環境研究室 亀和田國彦、大島正稔\*、吉澤克憲)

\*現那須農業振興事務所

[具体的データ]

[モデル]

a 表層

$$\frac{dSW_1}{dt} = \frac{dP}{dt} + \frac{dS_2}{dt} - \frac{dF_1}{dt} - \frac{dQ}{dt} - \frac{dET}{dt} \quad \text{式 1}$$

b 次層以深

$$\frac{dSW_i}{dt} = \frac{dF_{i-1}}{dt} + \frac{dS_{i+1}}{dt} - \frac{dF_i}{dt} - \frac{dS_i}{dt} \quad \text{式 2}$$

ただし,  $SW_i$  は、層位  $i$  の土壌水分量,  $P$  は降水量,  $ET$  は蒸発散量,  $Q$  は表面流去量,  $S_i$  は層位  $i$  からの毛管上昇水量,  $F_i$  は層位  $i$  からの下方浸透水量,  $t$  は時間.

c 下方浸透水量, 毛管上昇水量および表面流去量

$$\frac{dF_i}{dt} = r_i^F (SW_i - SW_i^{BF}) SW_i^2 \quad \text{式 3}$$

$$\frac{dS_i}{dt} = r_i^S (SW_i - SW_{i-1}) SW_i^2 \quad \text{式 4}$$

$$\frac{dQ}{dt} = r^Q (SW_1 - SW^{BQ}) \quad \text{式 5}$$

ただし,  $r_i^F$  は層位  $i$  の下降浸透量  $F$  に関する透水係数(定数),  $r_i^S$  は層位  $i$  の毛管上昇量  $S$  に関する透水係数(定数),  $r^Q$  は表面流去に関する速度係数,  $SW_i^{BF}$  は、層位  $i$  の下降規定値(定数),  $SW^{BQ}$  は表面流去基底含水率(定数)で当該層位の孔げき率と同値とした.

本来, 土層内の水の移動速度は水分張力の勾配に規定されるが, 本モデルは堆積含水率の勾配で代替している. また, 不飽和透水係数は, 含水率に大きく影響され, ボアズイユの式から, その値は含水率  $SW_i$  の 2 乗に比例すると仮定した. ただし, 本式誘導過程で用いられる動水勾配はマトリックポテンシャル勾配で与えられるべきであるが, 本モデルでは, そのアナロジーとして, 含水率勾配が用いられている.  $SW_i, P, ET$  などの水分量は mm,  $t$  は d.  $r_i^F, r_i^S$  等の透水係数は  $d^{-1}$ . 実際のモデル計算の時間単位は 1/20 d.

d 蒸発散量  $\frac{dET}{dt}$

$$\frac{dET}{dt} = r^{ET} \exp\left[\frac{SW_i - SW_i^{BF}}{SW_i^{BF}}\right] SW_1 ET_0 \quad \text{式 6}$$

ただし,  $r^{ET}$  は蒸散に関する透水係数,  $ET_0$  は可能蒸発散量.

e 可能蒸発散量  $ET_0$  算出式(Hargreaves の式)

$$ET_0 = 0.0075(1.8T_m + 32) \frac{R_s}{l} \text{ mm d}^{-1}, \quad \text{式 7}$$

ただし,  $T_m$  は日平均気温( $^{\circ}\text{C}$ ),  $R_s$  は日射量( $\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ),  $l$  は蒸発の潜熱 ( $= 597 - 0.6T_m \text{ MJ kg}^{-1}$ ).

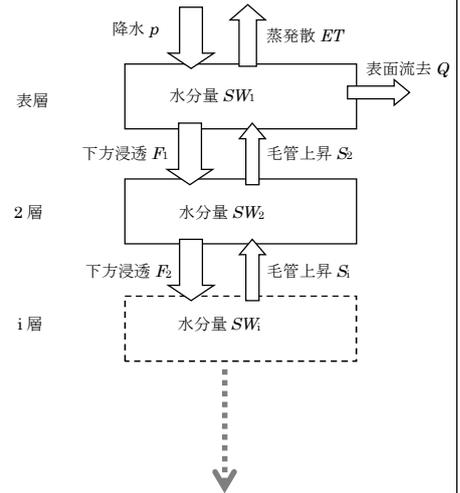


図-1 タンクモデル模式図

$$SW^{BF} = \frac{K}{1 + N^0 e^{-rD}} \quad \text{式 8}$$

黒ボク土;  $r = 0.12, K = 0.50, N^0 = 0.11$   
 灰色低地土;  $r = 0.12, K = 0.50, N^0 = 0.11$

表-1 下方浸透係数既定値 ( $r_i^F$ ) 抜粋  $d^{-1}$

土壌類型	深度 cm					
	5	15	25	35	45	55
台地の黒ボク土	0.2	0.5	0.7	0.7	0.7	1
低地土壌	0.05	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

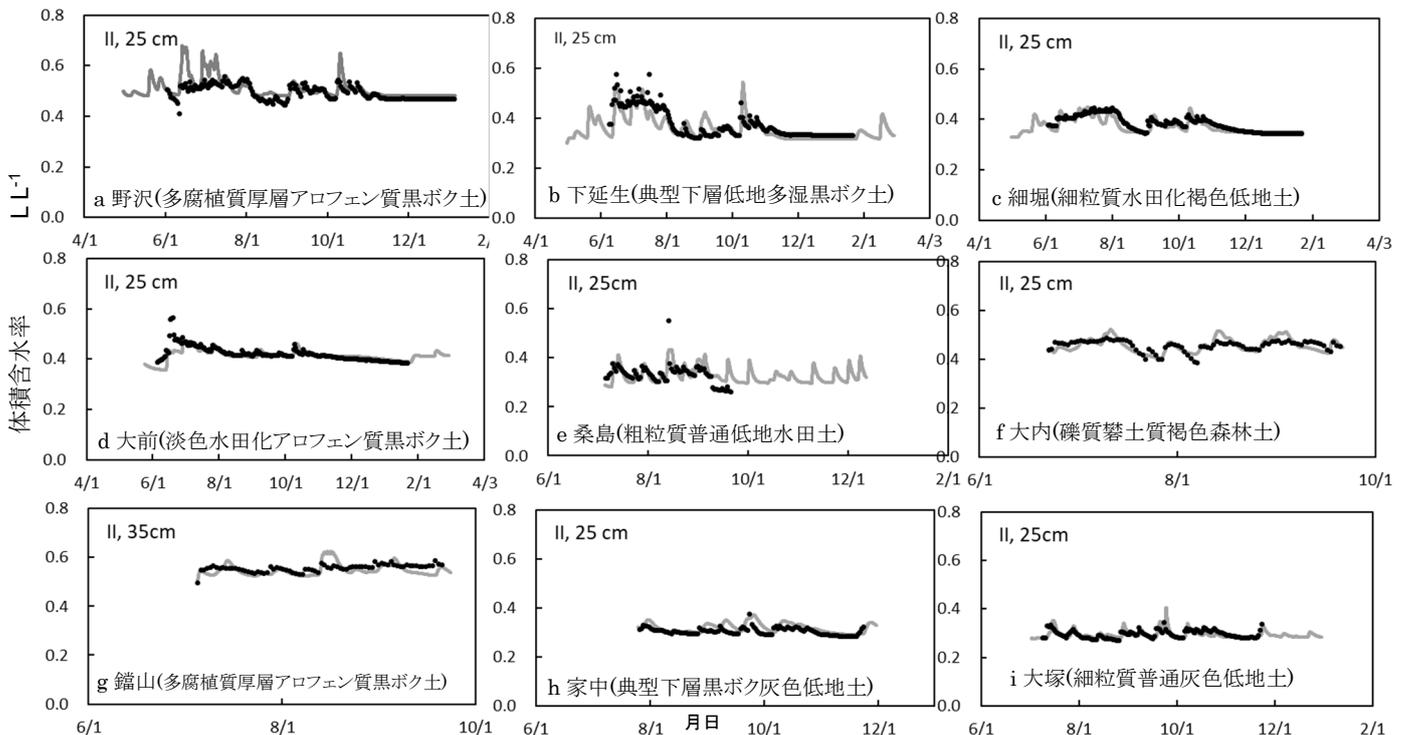


図-2 土層内体積含水率実測値およびモデル計算値(深度 25cm)

ドット; 実測値, 実線; モデル計算値

## 転換田の地温の垂直分布予測

### 1. 成果の要約

土壌からの窒素無機化予測に必要な地温を予測するため、県内 6 カ所の転換田で深さ 1 m までの地温を半年から 2 年間にわたり測定した。さらに、5 層モデルを構築し、土壌特性と気象データを用いたモデル予測値は実測値とよく一致した。

### 2. キーワード

土壌比熱、体積含水率、気温、地温予測モデル

### 3. 試験のねらい

転換田への露地野菜の導入に際し、作物への窒素(N)供給の予測が重要である。作物が吸収する N の一部は、土壌中有機態 N の無機化により賄われる。土壌からの N 無機化は、地温に大きく影響され、無機化予測には地温情報が不可欠である。さらに、露地圃場では作土のみならず作土次層や下層からの N 無機化情報も必要である。そこで、気象データと土壌の比熱および熱伝導率に基づく地温モデルを作成した。気象データおよび測定値ならびに土壌や水の比熱などに関する既往の基礎的データに基づき、モデルパラメータを設定し、深度 1 m 程度までの経時的な地温予測を試みる。

### 4. 試験方法

県内の 6 カ所の転換田で、表層から深度約 1 m までの地温を、半年から 2 年間にわたり継続的に測定した。他方で気象データと土壌の比熱および熱伝導率に基づく地温モデルを作成し、土壌固相ならびに水の比熱および熱伝導率に関する既往の知見によりモデルパラメータを設定した(図-1、式 1~4)。モデルパラメータの一つである液相質量は、別に作成した水分モデルによる体積含水率計算値を用いた。さらに、測定値との比較により試行錯誤法によりモデルパラメータを微調整した。

### 5. 試験結果および考察

- (1) 日平均気温および、別に作成した土壌水分予測モデルによる各層位の体積含水率を用いたモデル計算値は、年間をとおして表層から約 1 m まで実測値と良く一致し、本モデルが土層内温度予測に十分な実用性があることが示された(図-2)。
- (2) 下層土のモデル計算値は、特に高温領域で実測値との誤差が大きかった。この原因として、モデル計算で考慮されていない水分の物理的な移動の影響と推測された。
- (3) 土壌物理性の値は、測定値がない場合は土壌類型ごとに既往の値を用いる。日降水量はできるだけ現地の値に近似のものを用いる。本モデルは露地野菜導入時に活用できるが、そのためには栽培期間中の地温予測が必要であるため、気象の将来予測データが必要であり、その取得方法が課題である。

(担当者 研究開発部 土壌環境研究室 亀和田國彦・吉澤克憲・大島正稔\*)

\* 現那須農業振興事務所

[具体的データ]

**[モデル]**

a 表層

$$TS_1^n = TS_1^{n-1} + a(Tm^n - TS_1^{n-1}) + b(Tm^n - Tm^{n-1}) \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{式 1}$$

ただし、 $TS_1^n$ は当日(n)の表層(1)の地温( $^\circ\text{C}$ ),  $Tm^n$ は当日(n)の気温( $^\circ\text{C}$ ),  $a$  および  $b$  は定数で  $a = 0.31, b = -0.50$ .

b 次層以深

$$TS_i^n = TS_i^{n-1} + f \frac{dQ_i^{n-1}}{dt} \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{式 2}$$

ただし、 $TS_i^n$ は当日(n)の層位 i の地温( $^\circ\text{C}$ ),  $f$ は熱量から温度への変換係数( $=c_i^n$ ),  $Q_i^n$ は層位 i の保有熱量で、次式により定義される.

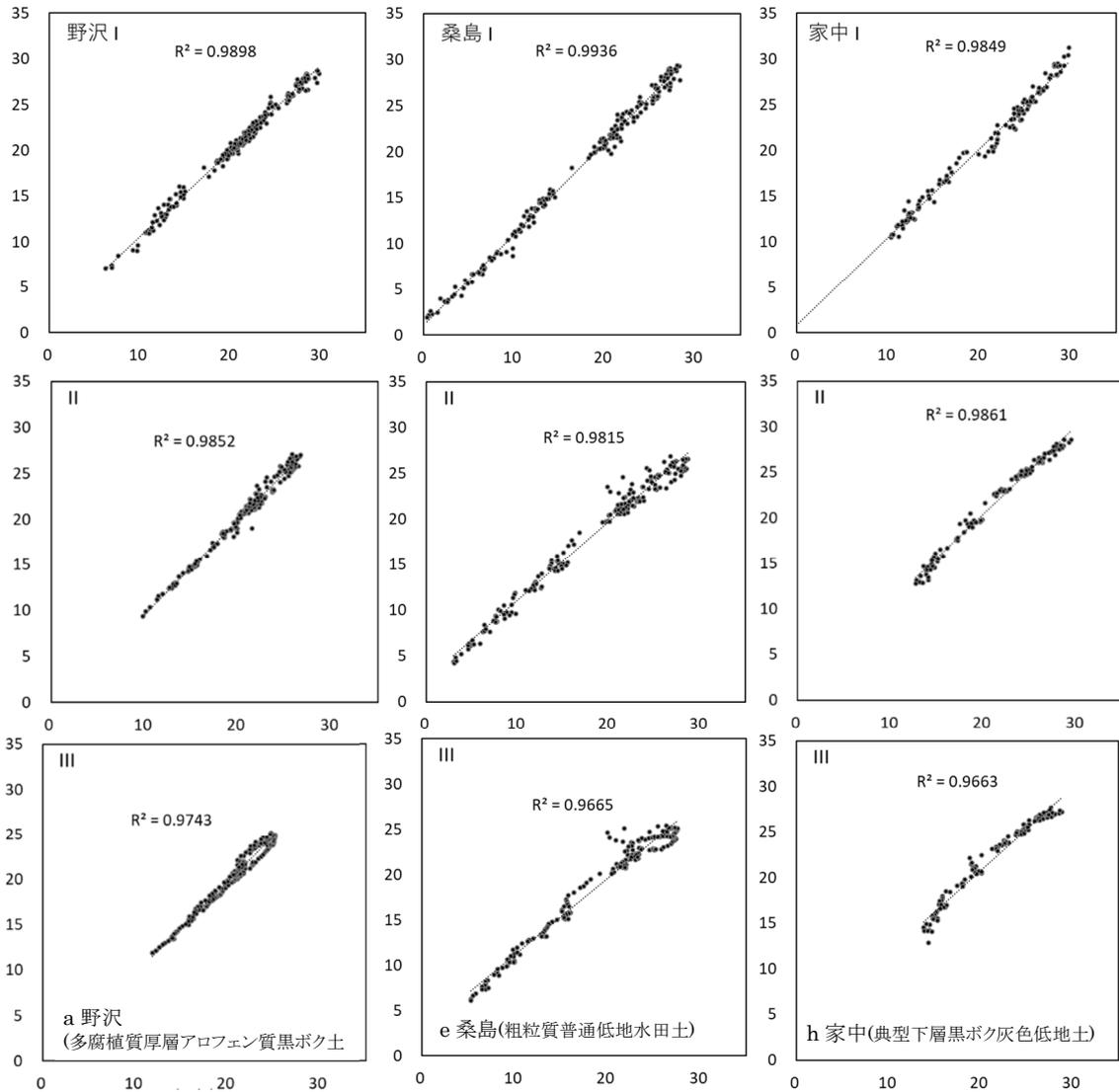
$$\frac{dQ_i^n}{dt} = \frac{gc_i^{n-1}(TS_i^{n-1} - TS_{i+1}^{n-1})}{dt} + \frac{gc_{i-1}^{n-1}(TS_{i-1}^{n-1} - TS_i^{n-1})}{dt} \quad \text{式 3}$$

ただし、 $g$  は見かけの土層間熱伝導率( $=0.0014$ )で試行錯誤法によって算出、 $c_i^n$ は層比熱で、次式により定義される.

$$c_i^n = 0.837SS_i^n + 4.20SW_i^n \text{ } \text{K J}^{-1} \quad \text{式 4}$$

ただし、 $SS_i^n$ は土層 i の固相質量、 $SW_i^n$ は土層 i の液相質量、0.837 または 4.20 は、それぞれ、土壤固相または液相の比熱( $\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ).

**図-1 地温モデル模式図**



## 転換田の土層内硝酸の垂直分布予測

### 1. 成果の要約

転換田での土壌類型に応じた半年程度の硝酸イオン垂直分布を予測するため、硝酸濃度測定と水分移動・吸着を組み合わせたモデルを構築した。気象データを用いたモデル深度 1 m までの硝酸濃度予測値は実測と概ね一致した。

### 2. キーワード

硝酸イオン、土壌吸着、土層内水分移動、気象データ

### 3. 試験のねらい

転換田への露地野菜導入に際し、作物への窒素供給予測が重要である。酸化的環境の土層内で無機態窒素の大部分を占める硝酸イオンは、土壌固相への吸着が少なく、土層内水分移動と共に移動する。そのため、作物への窒素供給を考えるためには、土層内での硝酸イオンの移動と垂直分布の把握が必要である。そこで、土層内水分移動予測モデルに硝酸イオンの土壌固相への吸着予測を組み合わせ、土層内硝酸の垂直分布予測モデルを作成する。

### 4. 試験方法

県内の 5 カ所の転換田作土に、7 月上旬に N で  $50 \text{ g m}^{-2}$  相当の硝酸カルシウムを施要し、その後約半年間、表層から深度約 1 m までの土壌溶液中硝酸濃度を継続的に測定した。また、その内の 2 地点では 9 月上旬にも同量の硝酸カルシウムを施要した。他方、硝酸イオンの土壌への吸着量については、既往の知見に基づき、濃度に対する一次反応式を用いて土壌溶液硝酸イオン濃度予測を行い、土層内水分移動モデルによる水分移動予測と組み合わせて、土層内硝酸の垂直分布モデルを作成した(式 1～式 4)。さらに、モデル実測値に基づき、硝酸吸着に関するパラメータを微調整した。

### 5. 試験結果および考察

気象データ測定値(日平均気温、日降水量、日射量)を用い、土壌水分予測モデルと組み合わせて経時的に算出した表層から深度 1m までの土壌溶液硝酸濃度のモデル計算値は、半年から 1 年間の期間、実測値と概ね一致した。この結果、本モデルが土層内硝酸イオン分布予測に十分な実用性があることが示された (図-1)。

(担当者 研究開発部 土壌環境研究室 亀和田國彦、中山 恵、下山夏輝、関口雅史\*)

\* 現経済流通課

[具体的データ]

[モデル]

[土層内 N 収支]

a 表層

$$\frac{dN_1}{dt} = \frac{dAP}{dt} + \frac{NC_2 dS_2}{dt} - \frac{NC_1 dF_1}{dt} - \frac{dU_1}{dt} \quad \text{式 1}$$

b 次層以深

$$\frac{dN_i}{dt} = \frac{NC_{i-1} dF_{i-1}}{dt} + \frac{NC_{i+1} dS_{i+1}}{dt} - \frac{NC_i dF_i}{dt} - \frac{NC_i dS_i}{dt} - \frac{dU_i}{dt} \quad \text{式 2}$$

ただし、 $N_i$ は層位  $i$  の N 量、 $NC_i$ は層位  $i$  の土壤溶液  $\text{NO}_3^-$ 濃度、 $AP$ は施肥からの N 供給量、 $S$ は毛管上昇水量、 $F$ は下方浸透水量、 $U_i$ は層位  $i$  での根による吸収量、 $t$ は時間。S、F および SW は、「転換田の土壤水分および水分移動を参照」

$U_i$ (根による N 収量)は、「露地野菜 N 吸収モデル」により、作目の N 総吸収量と成長曲線から、土層内 N 存在量を上限として算出。

[土壤溶液  $\text{NO}_3^-$ 濃度]

$$NC_i = \frac{N_i - qN_i}{SW_i} \quad \text{式 3}$$

ただし、 $SW_i$ は層位  $i$  の含水率、 $qN_i$ は土層  $i$  への N 吸着量で、次の線形吸着式によった。

$$qN_i = K_i^d N_i \quad \text{式 4}$$

ただし、 $K_i^d$ は吸着係数(表-1)。

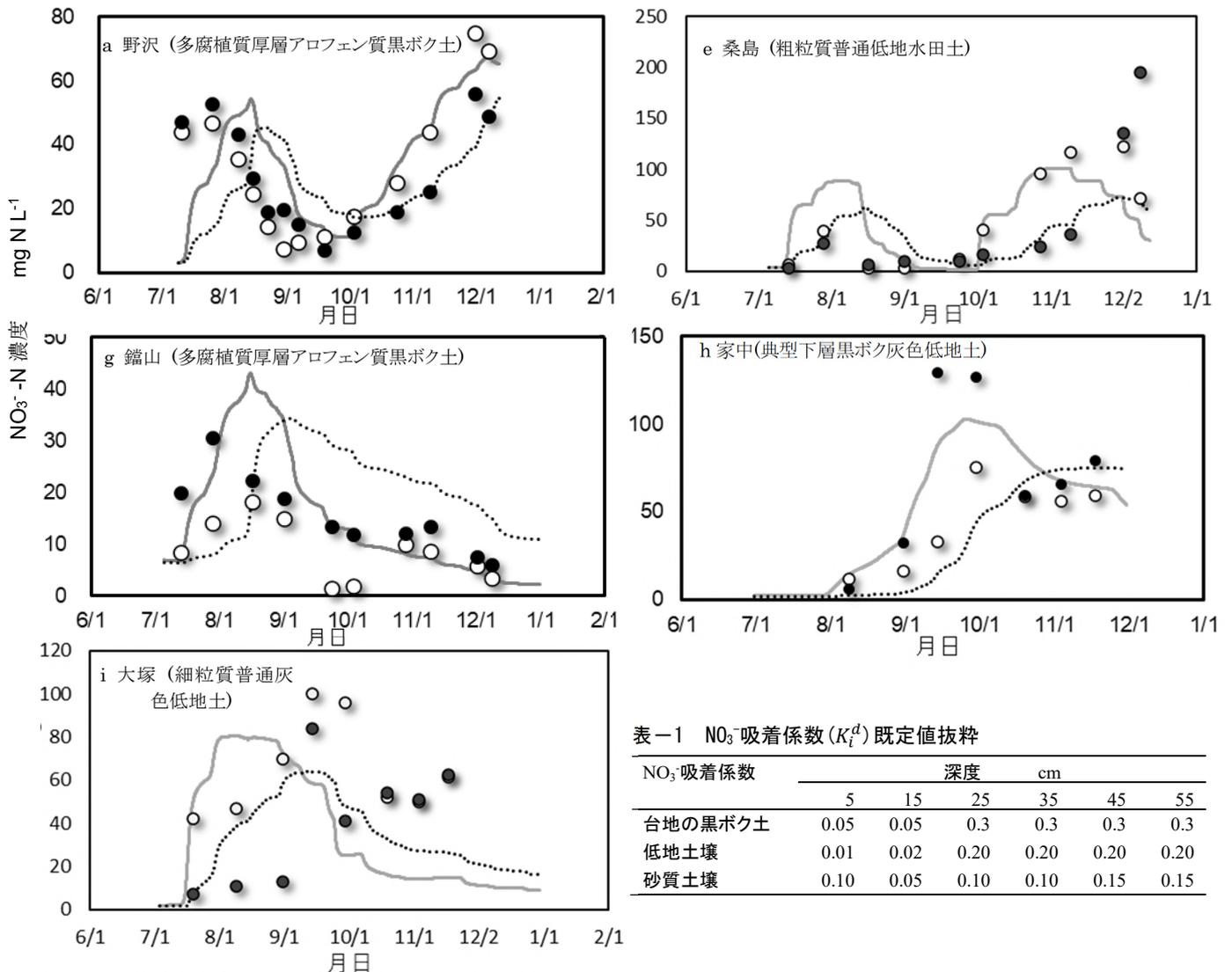


表-1  $\text{NO}_3^-$ 吸着係数 ( $K_i^d$ ) 既定値抜粋

$\text{NO}_3^-$ 吸着係数	深度 cm					
	5	15	25	35	45	55
台地の黒ボク土	0.05	0.05	0.3	0.3	0.3	0.3
低地土壤	0.01	0.02	0.20	0.20	0.20	0.20
砂質土壤	0.10	0.05	0.10	0.10	0.15	0.15

図-1 土層内土壤溶液  $\text{NO}_3^-$ 濃度実測値とモデル計算値

●, 30cm; ○, 50cm 測定値; —, 30cm; ..... , 50cm モデル計算値

所 長 柴 田 和 幸

編集委員会

編集委員長	福 田 充
編 集 委 員	菊 地 祥 康
	藤 原 香 織
	生 井 潔

## 栃木県農業総合研究センター研究成果集 第44号

令和8年3月2日 発行

編 集	宇都宮市瓦谷町1080番地
発行者	栃木県農業総合研究センター 所長 柴田 和幸
	T E L 028-665-1241 (代表)
	F A X 028-665-1759
	E - M A I L nougyou-s@pref.tochigi.lg.jp